Lei 3,65

ISBN 973-30-0439-1

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

·IX·

OPERAȚII ȘI UTILAJE ÎN INDUSTRIA CHIMICĂ

Manual pentru clasa a IX-a, licee de chimie industrială

EDITURA DIDACTICA ȘI PEDAGOGICA, BUCUREȘTI – 1989

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Ing. CONSTANTIN STAN Ing. ILIE CRĂCIUN

OPERAȚII ȘI UTILAJE ÎN INDUSTRIA CHIMICĂ

Manual pentru clasa a IX-a, licee de chimie industrială (meseria operator chimist)



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI

Manualul a fost elaborat în anul 1980, pe baza programei școlare aprobate de Ministerul Educației și Învățămîntului cu nr. 3448/1979.

ISBN 973-30-0439-1

Referent: ing. CONSTANȚA BRENNER

Redactor: ing. MARIANA RODICA CĂRBUNAR
Tehnoredactor: VICTORIA GHIMIȘ
Grafician: NICOLAE SÎRBU

Capitolul I

NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Ritmul înalt de dezvoltare a industriei chimice în țara noastră face posibilă valorificarea superioară a resurselor materiale (materii prime și secundare), asigurarea ramurilor economiei cu materiale și produse noi, cu calități îmbunătățite. Se modernizează continuu tehnologia de fabricație, prin introducerea în practică a noilor cuceriri ale științei și tehnicii, un rol important avîndu-l automatizarea și optimizarea proceselor. Pentru dotarea industriei chimice s-au extins vechile uzine de utilaj chimic (București, Făgăraș) și s-au construit altele noi (Găești, Borzești).

A. PROCES TEHNOLOGIC. OPERAȚII UNITARE

Procesul tehnologic, în industria chimică, reprezintă o succesiune de operații de natură mecanică, fizică și chimică. Rolul acestor operații este de a pregăti condițiile transformării chimice a materiilor prime (operațiile mecanice și fizice), de a realiza transformarea chimică a acestora (operațiile chimice) și de a separa, purifica, condiționa produsul brut (operațiile mecanice și fizice), în vederea obținerii produsului finit cu proprietăți bine precizate.

În urma observațiilor asupra zecilor de mii de procese tehnologice din industria chimică, s-a constatat că operațiile de pregătire a materiilor prime (mărunțire, dizolvare, pompare, comprimare, încălzire, răcire etc.) și operațiile de separare și purificare (distilare, rectificare, absorbție, filtrare etc.) sînt comune mai multor procese tehnologice. Numărul redus al acestor operații permite un studiu amănunțit al lor, rezultatul studiului fiind folosit la înțelegerea oricărui proces tehnologic și, ceea ce este mai important, la proiectarea noilor procese tehnologice.

Aceste operații de natură fizică și mecanică, comune mai multor procese tehnologice, care se desfășoară după aceleași legi, în utilaje identice sau asemănătoare, se numesc **operații unitare.** În cadrul disciplinei „Operații și utilaje în industria chimică" se studiază condițiile

în care se realizează operaţiile unitare, condiţiile de funcţionare şi de exploatare ale utilajelor şi instalaţiilor folosite pentru desfăşurarea acestora.

Clasificarea operaţiilor unitare se face după natura şi după legile fizice generale care stau la baza lor. Acest criteriu de clasificare are mai mult o valoare didactică, deoarece unele operaţii dintr-o categorie pot fi trecute fără dificultate într-alta. Astfel, operaţiile unitare se clasifică în :

— *operaţii mecanice:* mărunţirea, transportul, clasarea, depozitarea, dozarea materialelor solide ;

— *operaţii hidrodinamice:* transportul fluidelor, amestecarea, filtrarea, sedimentarea ;

— *operaţii termice:* încălzirea, răcirea, fierberea, condensarea, evaporarea ;

— *operaţii de difuziune:* distilarea, rectificarea, absorbţia, extracţia, uscarea, cristalizarea, sublimarea.

După modul de desfăşurare, procesele tehnologice şi procesele unitare se clasifică în :

— *procese şi operaţii continue,* cînd toate materialele sînt introduse în mod continuu în instalaţie, iar produsele rezultate sînt evacuate, de asemenea, în mod continuu ;

— *procese şi operaţii discontinue,* cînd materialele necesare sînt introduse în instalaţie la început (şarja de materiale) şi sînt evacuate după desăvîrşirea operaţiei, ca produs finit.

Regimuri de funcţionare. Cînd în instalaţie (utilaj) parametrii de lucru se menţin constanţi în fiecare punct, în tot timpul procesului, regimul de funcţionare este *staţionar,* adică nu se produc acumulări de masă şi de energie. Cînd în instalaţie (utilaj), parametrii de lucru variază în timpul funcţionării, regimul de funcţionare este *nestaţionar,* în instalaţie se produc acumulări de masă sau de energie.

B. APLICAREA LEGILOR DE BAZĂ ALE FIZICII LA STUDIUL OPERAŢIILOR UNITARE

Operaţiile unitare au la bază legile fizicii, în care exprimarea cantitativă a mărimilor implicate devine o necesitate a calculului operaţiilor şi utilajelor. Exprimarea mărimilor fizice se face în *sistemul internaţional de unităţi* (SI), care permite ca toate mărimile cuprinse în ecuaţiile fizice să fie exprimate în unităţi coerente. În acest sistem, mărimile fundamentale sînt exprimate în următoarele unităţi de măsură : lungimea L în m, timpul T în s, masa M în kg, intensitatea curentului

electric I în A, temperatura t în K, intensitatea luminoasă i în cd (candelă). Sistemul SI cuprinde şi majoritatea unităţilor de măsură a mărimilor derivate. De exemplu, unitatea de măsură pentru forţă se numeşte newton (N) ; unitatea pentru lucru mecanic (energie) — joule (J) ; unitatea pentru putere — watt (W).

Analiza dimensională urmăreşte aflarea formulei dimensionale a mărimilor derivate, pe baza ecuaţiilor de definiţie a acestora, în vederea stabilirii unităţilor de măsură ale mărimilor derivate în funcţie de unităţile de măsură ale mărimilor fundamentale.

Formula dimensională reprezintă produsul dintre mărimile fundamentale ridicate la puterile rezultate din ecuaţiile de definiţie.

Exemplu. Să se determine dimensiunile presiunii în sistemul internaţional.

Rezolvare. Presiunea se defineşte ca forţa care acţionează pe unitatea de suprafaţă, deci :

$$p = \frac{\text{forţă}}{\text{suprafaţă}} = \frac{\text{masa} \cdot \text{acceleraţia}}{\text{suprafaţa}} = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L^2} = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}.$$

Pentru verificarea omogenităţii unei ecuaţii este necesar să se arate că toţi termenii acesteia au aceeaşi formulă dimensională. Din punct de vedere fizic, sînt valabile numai ecuaţiile omogene.

Bilanţul de materiale reprezintă aplicarea principiului conservării masei şi se poate formula astfel :

Materiale intrate + Materiale existente = Materiale ieşite + Materiale rămase (I-1)

Pentru operaţiile continue care decurg în regim staţionar, ecuaţia de bilanţ ia forma :

$$\sum m_i = \sum m_e, \tag{I.2}$$

în care :

m_i este debitul materialelor intrate, în kg/s ;

m_e — debitul materialelor ieşite, în kg/s.

Bilanţul de materiale este *total,* dacă se referă la întreaga instalaţie, sau dacă include toate materialele care intervin în proces.

Bilanţul de materiale este *parţial,* dacă se referă la o parte din instalaţie sau numai la un anumit component al procesului.

Exemplu. Pentru obţinerea unei cantităţi de 1 000 kg saramură (soluţie de NaCl) cu concentraţia de 60 %, se supune concentrării prin evaporare o cantitate de 3 100 kg saramură cu concentraţia de 20 %.

Să se aplice ecuaţiile de bilanţ de materiale şi să se arate în ce scopuri industriale se concentrează saramura.

Rezolvare. Conform bilanţului parţial de materiale (aplicat pentru NaCl 100 %), cantitatea de NaCl 100 % din saramura 60 % rezultată trebuie să se găsească în x kg saramură 20 % supusă evaporării:

$$x \cdot \frac{20}{100} = 1\,000 \cdot \frac{60}{100}$$

din care rezultă:

$$x = 3\,000 \text{ kg}$$

Cantitatea de apă evaporată este dată de diferenţa:

$$3\,000 \text{ kg} - 1\,000 \text{ kg} = 2\,000 \text{ kg}.$$

Din bilanţul total de materiale rezultă cantitatea de saramură 20 % neparticipantă la evaporare, care se pierde în procesul industrial:

$$3\,100 \text{ kg} = 1\,000 \text{ kg} + 2\,000 \text{ kg} + y \text{ kg}$$

$$y = 100 \text{ kg}.$$

Este o pierdere mare sau mică? Ce propuneţi?

Bilanţul energetic reprezintă aplicarea principiului conservării energiei şi se exprimă printr-o ecuaţie de forma:

Energii intrate + Energii existente = Energii ieşite + Energii rămase (I-3)

Dacă se consideră că variaţia tuturor formelor de energie, în afară de cea termică, este nulă, atunci bilanţul energetic se simplifică în forma cunoscută sub numele de *bilanţ termic*:

$$\sum_{i=1}^{i=n_i} m_i \cdot h_i + Q = \sum_{e=1}^{e=n_e} m_e \cdot h_e, \qquad (I.4)$$

în care:

m_i, m_e reprezintă masa materialelor intrate, respectiv masa materialelor ieşite, în kg;
Q — căldura schimbată de sistem cu exteriorul;
h_i, h_e — entalpia specifică a materialelor intrate, respectiv a materialelor ieşite, în J/kg, valoare luată din tabele.

Entalpia este o mărime caracteristică fiecărui corp şi reprezintă conţinutul total de căldură al acestuia.

Exemplu. Să se calculeze ce debit de apă de răcire este necesar într-un schimbător de căldură pentru a răci 1 000 kg apă/h, de la temperatura $t_i = 80°C$ la temperatura $t_f = 40°C$, ştiind că temperatura de intrare a apei de răcire $t_1 = 20°C$, iar temperatura de ieşire $t_2 = 40°C$.

Rezolvare. Se aplică relaţia de bilanţ termic I.4:

$$1\,000 \cdot h_1 + x \cdot h_2 = 1\,000 \cdot h_3 + x \cdot h_4,$$

în care:

h_1, h_2, h_3, h_4 reprezintă entalpia specifică a apei la temperaturile t_i, t_2, t_f, t_1;
x — debitul apei de răcire.

Din tabela I.1 se iau valorile pentru h_1, h_2, h_3, h_4.

Tabelul I.1

Variaţia entalpiei şi entropiei apei în funcţie de temperatură

Temperatura, t, °C	*Entalpia, h, J/kg*	*Entropia, s, J/kg °C*
0	0	0
10	$4{,}18 \cdot 10^4$	$1{,}34 \cdot 10^2$
20	$8{,}36 \cdot 10^4$	$2{,}68 \cdot 10^2$
30	$12{,}54 \cdot 10^4$	$4{,}02 \cdot 10^2$
40	$16{,}72 \cdot 10^4$	$5{,}36 \cdot 10^2$
50	$20{,}90 \cdot 10^4$	$6{,}70 \cdot 10^2$
60	$25{,}08 \cdot 10^4$	$8{,}04 \cdot 10^2$
70	$29.26 \cdot 10^4$	$9{,}38 \cdot 10^2$
80	$33{,}44 \cdot 10^4$	$10{,}72 \cdot 10^2$
90	$37{,}62 \cdot 10^4$	$12{,}06 \cdot 10^2$
100	$41{,}80 \cdot 10^4$	$13{,}40 \cdot 10^2$

Se obţine

$$1\,000(h_1 - h_3) = x(h_4 - h_2);$$

$$1\,000(33{,}44 \cdot 10^4 - 16{,}72 \cdot 10^4) = x(16{,}72 \cdot 10^4 - 8{,}36 \cdot 10^4);$$

$$x = 2\,000 \text{ kg/h}.$$

Să se rezolve exemplul de mai sus, considerînd că se pierde în exterior o cantitate de căldură de 100 J/L.

C. ELEMENTE DE CALCUL TEHNIC

Pentru determinarea cantitativă a mărimilor fizice se folosesc elementele calculului tehnic, care se referă la obţinerea valorii numerice pe baza ecuaţiilor de definiţie şi la stabilirea relaţiilor între două sau mai multe mărimi prin folosirea tabelelor şi graficelor.

Folosirea tabelelor. Tabelele sînt folosite pentru rezumarea şi sintetizarea numerică a activităţii de producţie, pentru întocmirea bilanţului necesar determinării consumului de materiale, de energie şi de utilităţi, pentru determinarea experimentală a unor mărimi în funcţie de valoarea parametrilor de care acestea depind. De exemplu, în tabelul I.1 se redă determinarea experimentală a entalpiei şi entropiei apei, funcţie de temperatură.

Folosirea graficelor. Spre deosebire de tabele, care permit observarea sensului de variaţie a valorilor mărimilor fizice, graficele (diagrame şi nomograme) permit o reprezentare continuă, într-un interval dat, a relaţiilor dintre două sau mai multe variabile.

Construirea şi folosirea diagramelor. Cu ajutorul diagramelor se prezintă grafic, într-un sistem de axe rectangulare, interdependenţa

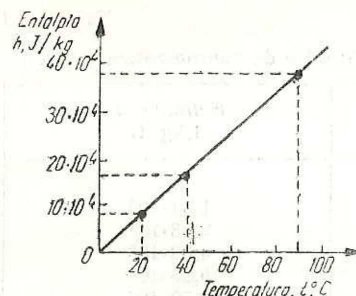


Fig. I.1. Diagrama de variație a entalpiei apei funcție de temperatură.

dintre două variabile; pentru mai multe variabile, în vederea simplificării reprezentării și măririi preciziei de citire se recurge la nomograme.

În construirea unei diagrame (fig. I.1) se întîlnesc următoarele etape:

— notarea axelor de coordonate;

— alegerea modulului scărilor pentru divizarea axelor de coordonate, care reprezintă lungimea unui segment proporțional cu unitatea de măsură a mărimii reprezentate;

— marcarea diviziunilor;

— marcarea punctelor corespunzătoare datelor de care se dispune;

— trasarea unei linii prin punctele obținute.

Diagramele pot fi *liniare*, cînd divizarea axelor de coordonate este proporțională cu valorile variabilelor reprezentate (fig. I.1) sau *logaritmice*, cînd divizarea axelor este proporțională cu logaritmii variabilelor reprezentate.

D. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA, REVIZIA ȘI REPARAREA UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR DIN INDUSTRIA CHIMICĂ

Exploatarea utilajelor și instalațiilor din industria chimică reprezintă totalitatea acțiunilor întreprinse de operatorii chimiști pentru pregătirea pornirii, pentru pornire, pentru supravegherea funcționării și pentru oprire, respectînd instrucțiunile interne de funcționare elaborate conform condițiilor generale și condițiilor specifice impuse utilajelor și instalațiilor.

Întreținerea curentă reprezintă totalitatea lucrărilor efectuate zilnic sau la intervale mici, bine precizate în instrucțiunile interne de funcționare, asupra utilajului sau instalației.

Cele mai uzuale lucrări de întreținere curentă sînt: stringerea șuruburilor, înlocuirea șuruburilor, a piulițelor, a garniturilor, mici reparații la izolația termică, asigurarea ungerii, a răcirii, verificarea sistemelor de tehnica securității muncii și a sistemelor de siguranță etc.

Revizia constă în examinarea stării tehnice a utilajului, în vederea stabilirii lucrărilor care se impun a fi efectuate în cadrul reparațiilor planificate. Se execută înaintea acestor reparații.

Reparațiile planificate constituie un sistem de întreținere preventivă și planificată a utilajelor și instalațiilor și reprezintă lucrările care se impun în vederea menținerii utilajelor și instalațiilor în funcționare la parametrii optimi sau cît mai aproape de aceștia.

Reparațiile planificate cuprind:

— *reparații curente* (R_c), care se fac la anumite intervale de timp planificate asupra unor piese sau subansambluri supuse mai frecvent uzurii normale sau uzurii locale accentuate;

— *reparații capitale* (R_k), care se fac după expirarea ciclului de funcționare planificat și, constă în refacerea totală a utilajului în vederea reducerii caracteristicilor funcționale cît mai aproape de cele inițiale.

Realizarea corectă, în conformitate cu instrucțiunile elaborate riguros pentru fiecare acțiune din cele amintite, duce la menținerea *siguranței în funcționare*, care reprezintă certitudinea funcționării utilajului sau instalației în condițiile realizării depline a parametrilor funcționali, fără pericolul apariției defecțiunilor sau avariilor.

Uzura utilajelor în industria chimică. Uzura este fenomenul de degradare a pieselor componente a mașinilor, utilajelor, mecanismelor, sub acțiunea factorilor externi (forțe mecanice, medii corosive sau abrazive, presiune, temperatură) și a factorilor interni (defecțiuni în turnare, sudare, strunjire a pieselor).

Uzura utilajelor și instalațiilor se poate face pin:

— *degradarea treptată* în procesul de exploatare și întreținere corectă datorită procesului de uzură prin frecare, coroziune și eroziune;

— *degradarea accidentală*, bruscă, datorită exploatării și întreținerii necorespunzătoare (de exemplu, datorită creșterii accidentale a presiunii sau temperaturii peste valurile admise, neungerii suprafeței aflate în mișcare relativă, a neefectuării operațiilor de răcire etc.), datorită unor defecte ale materialelor de construcție folosite la repararea utilajului etc.

Uzura prin frecare (fig. I.2) apare datorită frecării suprafețelor în contact, aflate în mișcare relativă una față de cealaltă. Forța de frecare (F_f) se calculează cu relația:

$$F_f = f \cdot F_N,$$

în care:

f este coeficientul de frecare;

F_N — forța normală care apasă corpul *1* pe corpul *2*.

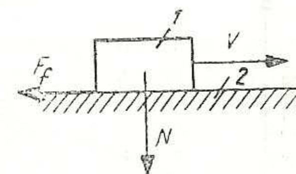


Fig. I.2. Frecarea uscată la alunecarea unui corp pe o suprafață:
1 — corp în mișcare;
2 — suprafață.

Coeficientul *f* depinde de calitatea prelucrării suprafeţelor (rugozitate), de natura materialelor celor două suprafeţe, de prezenţa lubrifianţilor sau a unor particule abrazive între cele două suprafeţe, de temperatură, precum şi de felul mişcării. De obicei, frecarea se atenuează prin ungerea cu lubrifianţi a suprafeţelor în contact (frecarea lichidă).

În figura I.3 se arată variaţia uzurii în timp. Zona I reprezintă o perioadă de netezire a suprafeţelor şi de ajustare bună a pieselor (este o perioadă necesară şi se face prin încărcarea gradată a utilajului) şi se numeşte *uzură iniţială* sau *de contact*.

Zona II se realizează în cursul exploatării corecte şi se caracterizează prin creşterea înceată în timp a uzurii şi se numeşte *uzură normală*.

Cînd se ajunge la limitele zonei a III-a, utilajul nu mai corespunde scopului funcţional şi trebuie supus reparaţiilor sau înlocuirii pieselor aflate în contact — *uzură accentuată*.

Uzura prin coroziune este rezultatul reacţiilor chimice ce apar datorită acţiunii agenţilor corosivi din mediul înconjurător (oxigen, acizi, baze etc.) asupra suprafeţelor metalelor sau nemetalelor, care produc schimbarea proprietăţilor stratului superficial al materialului respectiv. Aproape o treime din producţia mondială de oţel şi fontă este scoasă din uz datorită coroziunii. După modul de corodare a suprafeţelor se deosebesc :

— c o r o z i u n e a u n i f o r m ă, cînd are loc corodarea întregii suprafeţe, avînd aspect uniform şi aproximativ aceeaşi grosime de strat corodat ;

— c o r o z i u n e a l o c a l ă se produce prin micşorarea grosimii stratului, ca urmare a acţiunii selective a mediului corosiv faţă de constituenţii materialului utilajului.

Măsurile de protecţie împotriva coroziunii sînt :

— micşorarea agresivităţii mediului înconjurător (neutralizare, utilizarea inhibitorilor de coroziune etc.) ;

— alegerea materialului corespunzător mediului de lucru ;

— tratamentele termice ;

— acoperirea suprafeţelor prin placare, metalizare, galvanizare, cu mase plastice ;

— protecţia catodică cu anozi protectori pentru coroziunea electrochimică.

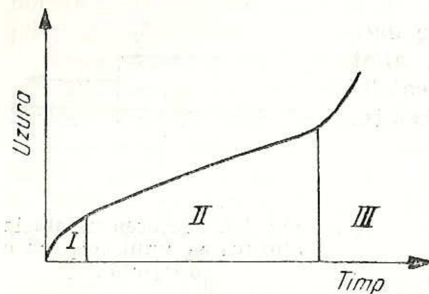


Fig. I.3. Variaţia uzurii în timp.

Uzura prin eroziune reprezintă fenomenul de distrugere a materialelor datorită acţiunii forţelor mecanice executate de materialele folosite (gaze, lichide, solide) ; se produce mai ales în zonele în care aceste materiale îşi schimbă direcţia de deplasare. Această uzură se limitează prin respectarea vitezelor de circulaţie a materialelor, prin folosirea materialelor de construcţie adecvate etc.

E. MĂSURI DE PROTECŢIE A MUNCII, DE PREVENIRE ŞI STINGERE A INCENDIILOR

1. MĂSURI DE PROTECŢIE A MUNCII

În elaborarea proceselor tehnologice şi la proiectarea utilajelor şi instalaţiilor din industria chimică se ţine seama de caracteristicile nocive ale materiilor prime şi finite, atît în condiţii normale de lucru, cît şi în cazurile de incidente de fabricaţie.

Prin măsuri de protecţie a muncii şi de tehnica securităţii muncii se înţelege totalitatea măsurilor ce trebuie luate pentru a se evita pericolele din instalaţii : degajări de substanţe toxice, incendii datorită inflamabilităţii propriu-zise şi datorită autoaprinderii, explozii cauzate de amestecuri explozive sau de depăşirea presiunii, accidente mecanice datorate elementelor mobile periculoase ale utilajelor, electrocutare etc.

Se interzice evacuarea gazelor direct în atmosferă. Ele vor fi tratate prin procedee de neutralizare, ardere etc.

Pentru încărcarea şi descărcarea substanţelor deosebit de toxice şi pentru luarea probelor, instalaţiile se vor proiecta astfel încît să se evite contactul operatorilor cu aceste substanţe.

Este interzisă evacuarea la aceeaşi reţea a apelor, care pot da reacţii periculoase.

Instalaţiile electrice vor fi prevăzute cu dispozitive de siguranţă (construcţii protejate împotriva exploziilor, relee de întrerupere etc.), legături la pămînt pentru evitarea electrocutărilor.

2. MĂSURI DE PREVENIRE ŞI STINGERE A INCENDIILOR

Încăperile, secţiile şi clădirile de producţie şi depozitare, precum şi instalaţiile tehnologice se clasifică în cinci categorii, în funcţie de gradul de inflamabilitate al substanţelor care se prelucrează, manipulează sau depozitează. Pentru fiecare din aceste categorii se stabilesc norme privind alcătuirea constructivă, compartimentarea faţă de celelalte construcţii şi instalaţii necesare prevenirii şi stingerii incendiilor.

În scopul opririi propagării incendiilor, construcţiile se împart în compartimente de incendiu prin pereţi antifoc, iar în interiorul acestora se prevăd elemente de întîrziere a propagării incendiilor (planşee şi pereţi rezistenţi la foc).

Încăperile şi secţiile de producţie sînt prevăzute cu instalaţii de stingere, care folosesc substanţe stingătoare în funcţie de natura, cantitatea şi caracteristicile materialelor care se prelucrează, manipulează sau se depozitează : apă sub formă de jeturi, apă pulverizată, abur, spumă chimică şi spumă mecanică, dioxid de carbon, pulberi stingătoare.

F. MATERIALE FOLOSITE ÎN CONSTRUCŢIA UTILAJELOR, MAŞINILOR ŞI APARATELOR DIN INDUSTRIA CHIMICĂ

Materialele reprezintă totalitatea substanţelor simple şi compuse care, datorită proprietăţilor (însuşirilor) lor, pot fi prelucrate prin diferite procedee (turnare, forjare, trefilare, laminare, strunjire, presare, pulverizare, suflare etc.) şi pot servi construirii diferitelor componente ale utilajelor, aparatelor, maşinilor folosite în cele mai diverse domenii.

1. PROPRIETĂŢILE ŞI ÎNCERCĂRILE MECANICE ALE MATERIALELOR SOLIDE

Prin proprietăţi mecanice se înţeleg însuşirile materialelor solide de a se opune acţiunii forţelor mecanice exterioare, care tind să le deformeze sau să le rupă.

Duritatea este proprietatea corpurilor solide de a se opune pătrunderii în masa lor a altor corpuri solide, care tind să le deformeze suprafaţa.

Elasticitatea este proprietatea materialelor solide de a se deforma elastic (temporar) sub acţiunea unor forţe exterioare de valori relativ mici (fig. I.4, *b*). După încetarea acţiunii forţei, materialul revine la forma iniţială.

Plasticitatea este proprietatea materialelor solide de a se deforma plastic (permanent) înainte de rupere (fig. I.4, *c*). Pe baza acestei proprietăţi se realizează laminarea, trefilarea, presarea etc. După încetarea acţiunii forţei exterioare, materialul rămîne deformat.

Rezistenţa este proprietatea materialelor solide de a se opune deformării sau ruperii lor sub acţiunea forţelor exterioare. Materialele au valori diferite ale rezistenţei la deformare elastică, la deformare plastică şi la rupere. Aceste valori se determină în laborator, pe *epruvete* de forme şi dimensiuni standardizate pentru fiecare tip de încercare (tracţiune, compresiune, încovoiere, răsucire etc.).

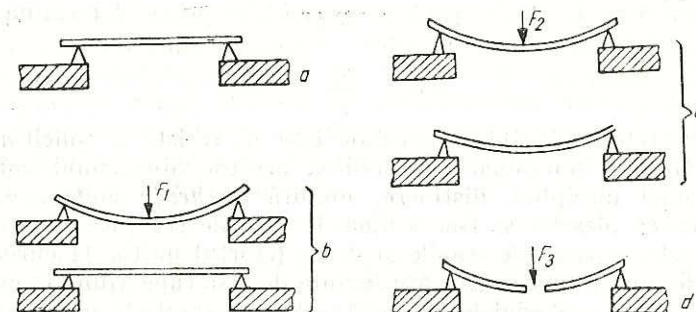


Fig. I.4. Deformarea şi ruperea unei bare metalice sub acţiunea unei forţe de încovoiere :
a — bară metalică rezemată la capete ; b — deformare elastică (temporară) ; c — deformare plastică (permanentă) ; d — rupere.

În figura I.5 este prezentată schema solicitării unei epruvete metalice la tracţiune. Forţa de tracţiune este mărită treptat, pînă la ruperea epruvetei (se observă trecerea prin domeniul deformării elastice şi prin cel al deformării plastice, înainte de rupere). Sub acţiunea forţei exterioare F, în bară va lua naştere o tensiune (efort unitar) σ, care reprezintă raportul dintre forţa F şi secţiunea S a epruvetei :

$$\sigma_r = \frac{F}{S}.$$

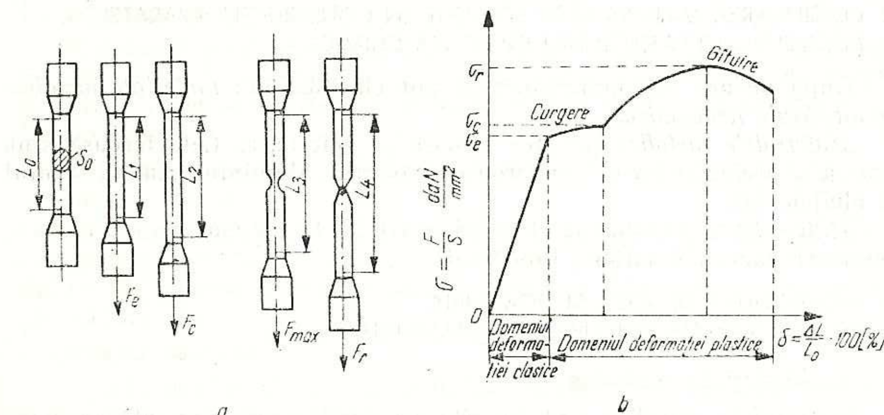


Fig. I.5. Schema încercării la tracţiune a unei epruvete metalice :
a — comportarea epruvetelor sub acţiunea forţelor de întindere ; b — diagrama comportării la întindere a epruvetelor metalice.

Prin mărirea forței F, pînă la rupere, se poate determina *efortul unitar la rupere*, σ_r :

$$\sigma_r = \frac{F_r}{S}.$$

Piesele trebuie să aibă dimensiuni care să reziste la solicitările impuse în timpul funcționării. Stabilirea acestor dimensiuni constituie obiectul unei discipline distincte, numită *rezistența materialelor*. La dimensionarea pieselor se ține seama de valorile stabilite experimental pentru σ_r, la materialele fragile și de σ_c (efortul unitar la curgere), la materialele tenace (materiale care înainte de a se rupe ajung la curgere).

Pentru toate materialele de construcție se stabilește o mărime convențională σ_a (efortul unitar admisibil), cu valoare mai mică decît σ_c, respectiv σ_r. Rapoartele $\frac{\sigma_r}{\sigma_a}$ și $\frac{\sigma_c}{\sigma_a}$ se notează cu C_r, respectiv C_c și reprezintă *coeficientul de siguranță la rupere*, respectiv *coeficientul de siguranță la curgere*. Se constată că valorile lor sînt mai mari decît 1 (cu cît valoarea lor este mai mare, cu atît rezistența piesei este mai mare).

Valorile coeficienților de siguranță se stabilesc empiric, în funcție de destinația pieselor, și sînt indicate în tabele.

În schema din figura I.5 se vede că o dată cu creșterea efortului unitar, epruveta se alungește (alungirea relativă $\delta = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100$, exprimată în procente).

2. CLASIFICAREA MATERIALELOR FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA APARATELOR, MAȘINILOR, UTILAJELOR DIN INDUSTRIA CHIMICĂ

După natura lor, materialele se pot clasifica în : *materiale metalice* și *materiale nemetalice*.

Materialele metalice pot fi : feroase și neferoase. Cele feroase sînt fontele și oțelurile, iar cele neferoase — cuprul, aluminiul, zincul, staniul și aliajele lor.

Materialele nemetalice se clasifică la rîndul lor în materiale ceramice, polimeri, lacuri, emailuri, lubrifianți.

3. PROPRIETĂȚILE DE BAZĂ ȘI DOMENIILE DE UTILIZARE ALE PRINCIPALELOR MATERIALE

a. Materiale metalice

Materialele metalice sînt folosite pe scară largă, datorită proprietăților lor de bază : conductibilitatea electrică și termică, rezistență mecanică asociată cu plasticitatea etc., care fie că nu se întîlnesc, fie că au valori prea mici la alte materiale.

Materialele metalice feroase conțin drept component principal fierul.

— *Fontele* conțin un procent relativ ridicat de carbon (> 1,7%) și alte elemente însoțitoare (Si, S, Mn, P). Se utilizează pentru construirea de : corpuri de pompe, batiuri de mașini-unelte, chiulase de motoare, fitinguri, armături, capace, talere etc. Fontele nu rezistă la șocuri dinamice. Rezistă la presiuni de pînă la 16 at și la temperaturi de pînă la 1 000°C (fontele refractare).

— *Oțelurile* pot fi nealiate și aliate.

Oțelurile nealiate (oțel carbon) au carbon pînă la 1,7%, pot fi laminate (simbol *OL*) sau turnate (simbol *OT*). Se folosesc pentru piese supuse la presiuni de pînă la 18 at și temperaturi cuprinse între —10°C și +20°C. Din ele se construiesc mantale, funduri și suporturi și recipiente, guri de vizitare, flanșe, șuruburi, rezervoare, plăci tubulare, agitatoare, piese pentru pompe și compresoare.

Oțelurile aliate sînt aliaje complexe de fier, carbon și alte elemente chimice (Mn, Si, Ni, Cr, Mo, W, V, Ti), adăugate în compoziția lor, cu scopul de a le îmbunătăți proprietățile.

Principalele oțeluri aliate sînt :

— oțeluri pentru scule (aliate cu W, Mo, Cr), cu duritate mare ;

— oțeluri inoxidabile și anticorosive (pînă la 30% Cr, pînă la 8% Ni);

— oțeluri refractare, cu rezistență la temperaturi înalte (Cr și adaosuri de Mo și Si) ;

— oțeluri aliate turnate (10—14% Mn) folosite în construcția blindajelor pentru mori cu bile, a fălcilor de concasoare, datorită rezistenței lor la abraziune.

Principalii producători de fonte și oțeluri sînt : combinatele siderurgice de la Hunedoara, Reșița, Galați, Călărași, oțelăria de la Tîrgoviște și oțelăria marilor uzine constructoare de mașini din București, Brașov etc.

Materialele metalice neferoase conțin drept componenți cuprul, aluminiul sau zincul.

Cuprul și aliajele sale. Cuprul rezistă la coroziunea atmosferică, este bun conducător de căldură și electricitate, ceea ce face posibilă folosirea lui la fabricarea conductoarelor electrice, a țevilor schimbătoarelor de căldură etc.

Aliajele sale sînt :

— alamele (cu Zn) se utilizează la fabricarea tuburilor flexibile, a țevilor pentru serpentine ;

— bronzurile (cu Sn, Al, Be, Pb) se folosesc pentru fabricarea arcurilor, a carcaselor și rotoarelor pentru pompe, a bucșelor, a glisierelor, a cuzineților ;

— c o n s t a n t a n u l, n i c h e l i n a (cu Ni) se folosesc pentru fabricarea rezistențelor electrice.

Aluminiul și aliajele sale. Aluminiul este ușor, moale, plastic, are mare rezistență la coroziunea produsă de acidul azotic concentrat, acidul acetic, acidul fosforic, acidul clorhidric, de combinațiile sulfului.

Aliajele sale sînt :

— a n t i c o r o d a l u l (cu Mg sau Mn) rezistă foarte bine la coroziune ;

— d u r a l u m i n i u l (cu Cu, Si, Mg, Mn) are rezistență mecanică mare, se utilizează și în industria aviatică.

Zincul și aliajele sale au rezistență bună la coroziunea atmosferică ceea ce face posibilă utilizarea lor pentru acoperirea materialelor din oțel (zincare), în vederea obținerii unui număr mare de compuși chimici.

Plumbul este rezistent la acțiunea a numeroși agenți chimici (apă, acizi diluați, amoniac, alcalii etc.). Se utilizează la fabricarea țevilor, plăcilor și a tablelor pentru industria chimică.

Staniul (cositorul) este rezistent la coroziunea atmosferică și la acțiunea chimică a alimentelor. Se folosește la ambalarea alimentelor, la acoperirea anticorosivă a oțelului, la lipirea contactelor electrice.

b. Materiale nemetalice

Materialele ceramice pot fi *antiacide* (gresie, porțelan) și *refractare* (carburi, nitruri). Ele se folosesc pentru fabricarea turnurilor de reacție, a condensatoarelor, a pieselor pentru pompe și compresoare rezistente la acțiunea acizilor, a gazelor corosive. Materialele refractare se folosesc la căptușirea creuzetelor pentru elaborarea metalelor și aliajelor cu puncte de topire ridicate.

Polimerii se prezintă într-o mare diversitate de sortimente.

— *Fibrele* se folosesc la izolarea conductelor, la mărirea rezistenței tuburilor, plăcilor sub formă de inserții. Ele pot fi : n a t u r a l e și a r t i f i c i a l e.

— *Cauciucul* are rezistență bună la rupere și la frecare, rezistență la coroziune, fiind folosit la fabricarea membranelor și racordurilor elastice, a garniturilor, a protecțiilor anticorosive.

— *Rășinile naturale* (șerlac, colofoniu) și *sintetice* (fenolformaldehidice, poliesteri, poliamide, epoxidice) se utilizează la fabricarea lacurilor, uleiurilor, materialelor plastice.

— *Materialele plastice* (pe bază de rășini, policlorură de vinil, polistiren, polietilenă, polipropilenă) se folosesc ca înlocuitori ai metalelor la fabricarea unor conducte, recipiente, organe de mașini (lagăre, roți dințate) ca protecție anticorosivă, izolatori electrici.

Lacurile și emailurile formează pelicule protectoare pe diferite materiale (metale, mase plastice) față de mediul înconjurător.

Lubrifianții (uleiuri vegetale, uleiuri minerale, unsori minerale) au rolul de a micșora frecarea între piesele în mișcare relativă, micșorînd forțele necesare punerii în mișcare și funcționării mecanismului, de a reduce încălzirea și uzura pieselor în frecare. Uleiurile vegetale se extrag din rapiță, in, ricin, bumbac, soia, tung etc. ; uleiurile și unsorile minerale se obțin din țiței.

G. ORGANE DE MAȘINI

Organele de mașini sînt părți constructive care, au aceeași formă sau cu forme asemănătoare, intră în compunerea diferitelor mașini, agregate și mecanisme, avînd un rol funcțional bine determinat.

După rolul lor funcțional, organele de mașini pot fi : de asamblare, ale mișcării de rotație, de transmitere a mișcării și de transformare a mișcării.

1. ORGANE DE ASAMBLARE

a. Organe de asamblare nedemontabile

Dacă asamblarea pieselor nu mai poate fi desfăcută decît prin distrugerea lor parțială sau totală, asamblarea (îmbinarea) este *nedemontabilă*.

Asamblarea prin nituire. Organul de mașină cu ajutorul căruia se efectuează asamblarea nedemontabilă prin operația de nituire este *nitul* (fig. I.6). Nituirea se aplică în cazul îmbinărilor supuse la variații puternice sau la șoc, cînd materialele sînt nesudabile sau nu admit încălziri puternice.

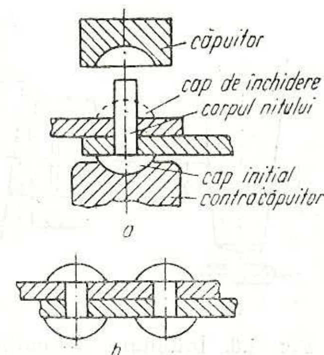


Fig. I.6. Îmbinare nedemontabilă cu nituri : *a — nit nemontat ; b — nit montat.*

După forma capului, niturile pot fi cu cap semirotund, tronconic, semiînecat, plat etc.

Asamblarea prin sudare constă în îmbinarea nedemontabilă a două piese, care se obține prin încălzirea pînă la topire a suprafețelor alăturate ce urmează a fi

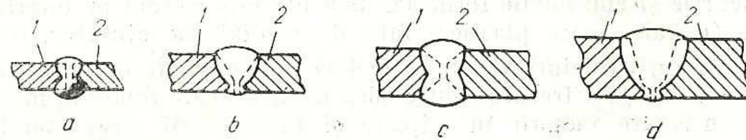


Fig. I.7. Îmbinare nedemontabilă prin sudare cap la cap a tablelor : *a — table fără margini teșite ; b — table cu teșitură în formă de V ; c — table cu teșitură în formă de X ; d — table cu teșitură în formă de U.*

asamblate. Sudarea se poate face cu sau fără adaos de material. Adaosul de material provine dintr-un electrod sau din sîrmă specială, a cărui compoziție depinde de natura fizico-chimică a materialelor asamblate.

În figura 1.7 sînt reprezentate cîteva exemple de suduri cap la cap a două table.

b. Organe de asamblare demontabile

Asamblările demontabile permit montarea și demontarea repetată a pieselor, fără deteriorarea lor.

Penele au formă de prismă. Ele pot fi :

— *pene transversale,* care se montează perpendicular pe axa pieselor sau pe direcția sarcinilor (fig. I.8) ;

— *pene longitudinale,* care se montează paralel cu axa geometrică a pieselor de asamblat (fig. I.9).

Șuruburile și piulițele. Cele mai răspîndite asamblări demontabile sînt asamblările prin șuruburi. În general, șurubul este un corp cilindric prevăzut cu un cap de rezemare *1* (fig. I.10, *a*) și un corp filetat pe o anumită porțiune *2.* Pe porțiunea filetată se înșurubează o piuliță *3,* ceea ce permite strîngerea pieselor *4* și *5* între capul șurubului și piuliță. În figura I.10 sînt prezentate tipurile principale de șuruburi, clasificate după forma capului șurubului.

După scop, spațiu disponibil și sistem de asigurare, piulițele au, ca și capetele de șuruburi, forme foarte variate.

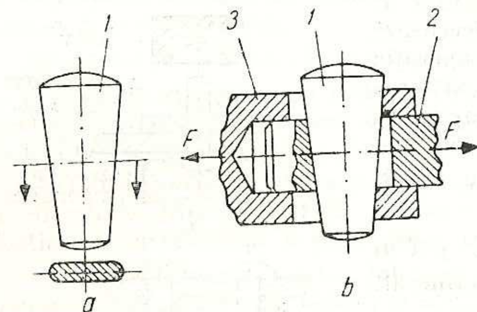


Fig. I.8. Îmbinare demontabilă cu pană transversală : *a — pană ; b — asamblarea tijei pistonului cu capul cu cruce ; 1 — pană transversală ; 2 — tija pistonului ; 3 — cap de cruce.*

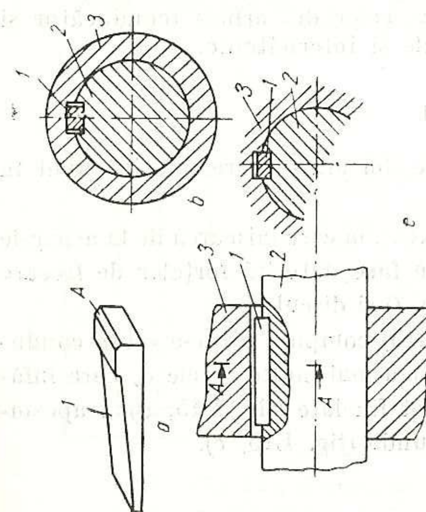


Fig. I.9. Îmbinări demontabile cu pene longitudinale : *a — pană cu față înclinată ; b — îmbinare prin strîngere ; c — îmbinare cu pană cu fețe paralele ; 1 — pană longitudinală ; 2 — arbore ; 3 — butuc.*

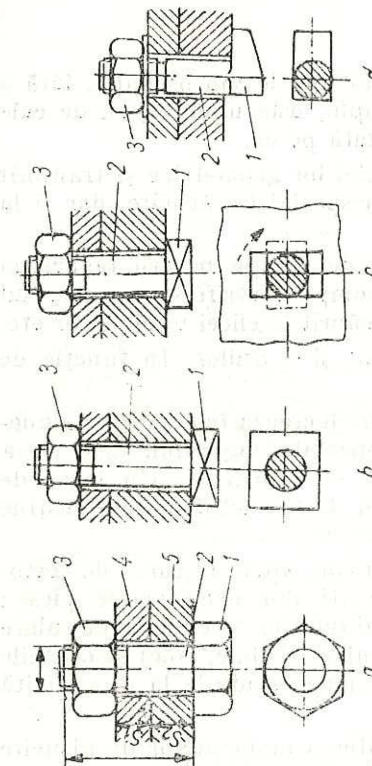


Fig. I.10. Șuruburi : *a — șurub cu cap hexagonal ; b — șurub cu cap pătrat ; c — șurub cu cap ciocan simetric ; d — șurub cu cap ciocan asimetric ; 1 — cap de rezemare ; 2 — corp filetat ; 3 — piuliță ; 4, 5 — piese supuse strîngerii.*

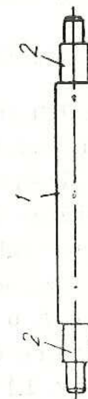


Fig. I.11. Arbori : *1 — zonă de calare ; 2 — fusuri.*

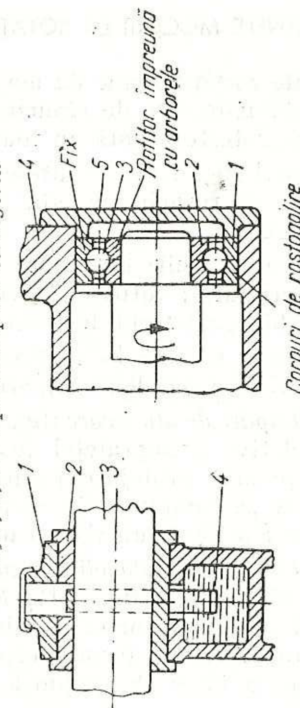


Fig. I.12. Tipuri de lagăre : *a — lagăr de alunecare ; b — lagăr de rostogolire.*

2. ORGANELE MIŞCĂRII DE ROTAŢIE

Osiile susţin organe de maşini aflate în rotaţie sau oscilaţie, fără a transmite momente de răsucire. De exemplu, osia unui vagon de cale ferată se roteşte o dată cu roata solidarizată pe ea.

Arborii (fig. I.11) se rotesc în jurul axei lor geometrice şi transmit momente de răsucire. Ei sînt solicitaţi în special la răsucire, dar şi la încovoiere.

Arborii şi osiile sînt puse în mişcare de rotaţie pentru realizarea unui lucru util; rotirea rotorului unei pompe centrifuge, a rotorului unei turbine, a burghiului unei maşini de găurit, a elicei unui vapor etc.

Lagărele servesc la susţinerea arborilor şi a osiilor. În funcţie de felul frecării, lagărele se împart în:

— *Lagăre de alunecare* (fig. I.12, *a*), care lucrează în condiţiile alunecării relative a suprafeţei fusului pe suprafaţa lagărului. Cele două suprafeţe sînt protejate printr-o peliculă de lubrifiant. Un lagăr de alunecare se compune din corpul lagărului *1*, cuzinetul *2*, care susţine arborele *5* şi dintr-un sistem de ungere *4*.

— *Lagăre de rostogolire (rulmenţi)*, în care apare frecarea de rostogolire. Rulmenţii (fig. I.12, *b*) sînt formaţi din următoarele piese: corpul lagărului *4*, inelul exterior *1* şi inelul interior *2*, cu căile de rulare corespunzătoare cu forma corpurilor de rulare *3* (bile, role) şi coliviile care separă între ele corpurile de rulare, menţinîndu-le la o anumită distanţă.

Cuplajele (fig. I.13) servesc la transmiterea momentelor de răsucire între arborii care se găsesc în continuare, unul după altul.

După mobilitatea relativă permisă celor doi arbori (conducător şi condus), cuplajele pot fi: fixe, mobile şi intermitente.

3. ORGANE DE TRANSMITERE A MIŞCĂRII

Pentru transmiterea mişcării între doi arbori care nu sînt unul în continuarea celuilalt se folosesc:

— **Transmisiile cu fricţiune** (fig. I.14), la care mişcarea de la arborele conducător *1* la arborele condus *2* se face datorită forţelor de frecare care apar între rola *3* (de pe arborele *1*) şi discul *4*.

— **Transmisiile prin curele** (fig. I.15) compuse dintr-o roată conducătoare *1*, o roată condusă *2*, şi una sau mai multe curele *3*, care înfăşoară roţile de transmisie. Curelele pot fi: late (fig. I.15, *a*), trapezoidale (fig. I.15, *b*) sau cu secţiune rotundă (fig. I.15, *c*).

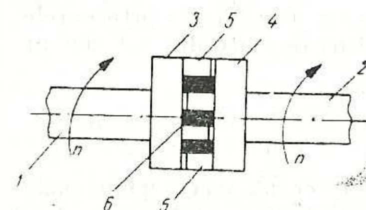


Fig. I.13. Cuplaj cu gheare:
1, 2 — arbori (conducător-condus); 3, 4 — semicuplaje; 5 — gheare; 6 — elemente clasice din cauciuc.

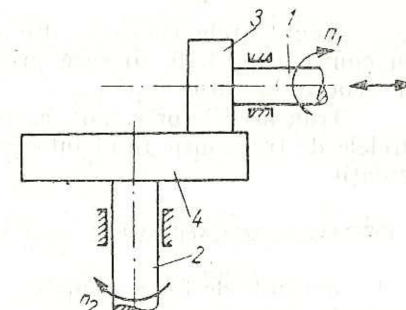


Fig. I.14. Schema transmisiei cu roţi de fricţiune.

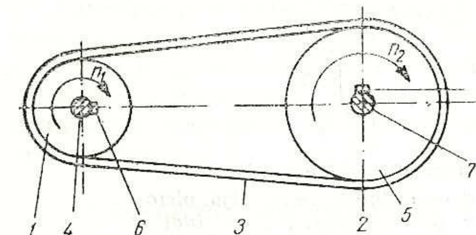


Fig. I.15. Schema transmisiei prin curele:
1 — roată conducătoare; 2 — roată condusă; 3 — curea de transmisie; 4, 5 — arbori; 6, 7 — pene.

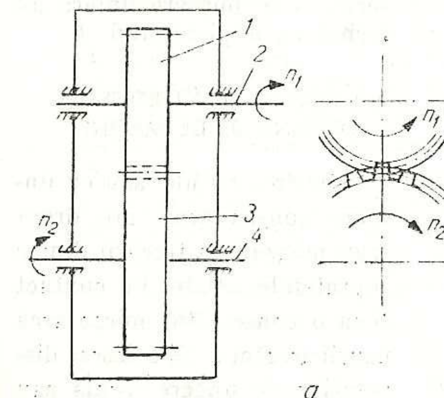


Fig. I.16. Schema angrenajului cu roţi dinţate:
a — roţi dinţate cilindrice; 1, 3 — roţi dinţate cilindrice; 2, 4 — arbori; b — roţi dinţate conice; 1, 3 — roţi dinţate conice; 2, 4 — arbori.

— **Angrenajele** compuse din roți dințate cilindrice (fig. I.16, *a*) sau conice (fig. I.16, *b*) care prin angrenare transmit mișcarea de la un arbore la altul.

— **Transmisiile prin lanț**, asemănătoare cu transmisiile prin curele, curelele de transmisie fiind înlocuite cu lanțuri formate din zale cu articulații.

4. ORGANELE MECANISMULUI BIELĂ-MANIVELĂ

La mașinile de forță (motoare cu ardere internă), mecanismul bielă-manivelă transformă mișcarea liniară alternativă a pistonului *1* în mișcarea de rotație a arborelui *2* (fig. I.17).

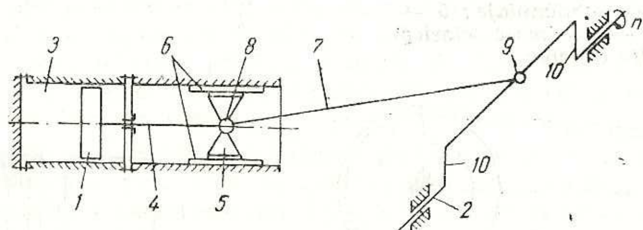


Fig. I.17. Schema mecanismului bielă-manivelă : *1 — piston ; 2 — arbore ; 3 — cilindru ; 4 — tija pistonului ; 5 — cap de cruce ; 6 — glisiere ; 7 — bielă ; 8 — bolț ; 9 — fus ; 10 — manivelă (arbore cotit).*

La mașinile de lucru (pompe și compresoare cu piston), prin intermediul aceluiași mecanism, mișcarea de rotație a arborelui *2* este transformată în mișcare liniară alternativă a pistonului *1*.

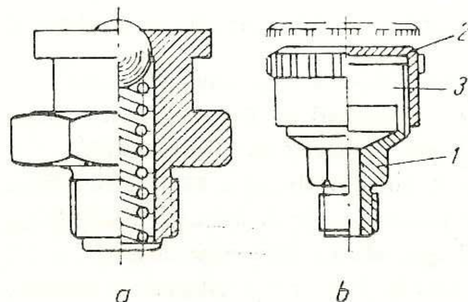


Fig. I.18. Tipuri de ungătoare : *a — cu bilă ; b — cu pîlnie ; 1 — corpul ungătorului ; 2 — capac ; 3 — îmbinare filetată.*

5. UNGEREA ȘI ÎNTREȚINEREA ORGANELOR DE MAȘINI

Ungerea cu ulei sau cu unsoare consistentă are drept scop micșorarea frecării dintre suprafețele aflate în contact și ca o consecință, micșorarea uzurii acestora. Se folosesc dispozitive de ungere locală sau centralizată.

Ungerea cu unsoare consistentă se aplică la mașini care funcționează cu turații mici, la rulmenți, la unele angrenaje, la lagărele mașinilor care funcționează în atmosferă cu praf. Ungerea se face cu ajutorul ungătoarelor cu bilă (fig. I.18, *a*) sau cu pîlnie (fig. I.18, *b*).

Ungerea centrală se realizează prin alimentarea simultană a mai multor puncte cu unsoare. Aceasta este presată dintr-un cilindru al cărui piston este acționat manual sau mecanic.

Ungerea locală cu ulei se face cu ajutorul unor dispozitive de ungere fără exces de ulei (ungătoare cu fitil, ungătoare cu picurare, cu ac de reglare a cantității de ulei) și a unor dispozitive de ungere în exces de ulei (ungere cu inel, cu lănțișor, prin barbotare).

Ungerea prin azvîrlire sau barbotare se realizează cu ajutorul unui disc, inel fixat pe arbore, care pătrunde în baia de ulei și antrenează, apoi împroașcă uleiul în interiorul carcasei mașinii sau lagărului. Uleiul se prelinge pe pereții carcasei, de unde prin canale colectoare, este condus la locurile de ungere.

Întreținerea și exploatarea corectă a organelor de mașini are ca scop micșorarea uzurii prin asigurarea ungerii suficiente și cu lubrifiant de calitate corespunzătoare, prin protecția suprafețelor împotriva efectului particulelor abrazive și a mediului corosiv exterior, prin asigurarea etanșărilor necesare și prin executarea corectă a manevrelor de exploatare.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Care este rolul operațiilor unitare în cadrul proceselor tehnologice ?
2. Cum se verifică dacă o ecuație fizică este corectă (adevărată) ?
3. Care proprietăți ale materialelor metalice le fac potrivite pentru construcția utilajelor în industria chimică și care creează probleme în folosirea lor în acest domeniu ? Cum se rezolvă aceste probleme ?
4. Cu ce scop se folosesc relațiile de bilanț de materiale și de bilanț termic ?
5. Care tip de uzură ridică cele mai mari probleme în industria chimică ? Prin ce mijloace se rezolvă aceste probleme ?
6. Cum se exprimă numeric siguranța în proiectarea utilajelor ?
7. Care sînt substanțele care pot produce cele mai mari pericole în instalațiile chimice ? Cum se previn aceste pericole ?
8. Ce rol îndeplinesc cuzineții la lagărele de alunecare, dacă ei sînt constituiți din aliaje antifricțiune cu autolubrifiere (bronzuri cu plumb, aliaje Sn-Sb-Pb)? Care din metalele componente ale aliajelor amintite, pot îndeplini rolul de lubrifiant ?

Capitolul II

OPERAŢII MECANICE

În această categorie sînt cuprinse operaţiile care se referă la prelucrarea şi manevrarea materialelor solide (mărunţirea, clasarea, transportul, dozarea), ale căror legi de bază derivă din mecanica solidului rigid.

A. MĂRUNŢIREA MATERIALELOR SOLIDE

1. GENERALITĂŢI

Mărunţirea materialelor solide este operaţia care realizează micşorarea volumului unor unităţi de material solid (bulgări, granule, particule) prin divizarea acestora, ca efect al acţiunii forţelor mecanice. În urma mărunţirii creşte considerabil suprafaţa specifică (m^2/m^3) a materialelor solide, ceea ce explică utilizarea operaţiei în următoarele scopuri industriale:

— intensificarea operaţiilor fizice (dizolvare, uscare, absorbţie);

— intensificarea operaţiilor chimice (arderea piritei, descompunerea calcarului, cataliza solidă);

— condiţionarea produşilor chimici în vederea omogenizării proprietăţilor în întreaga masă (coloranţi, produse farmaceutice, insecticide etc.).

Grad de mărunţire *(n)*. Raportul D/d dintre mărimea iniţială D a materialului supus mărunţirii şi mărimea finală d a produsului rezultat, reprezintă *gradul de mărunţire*; acesta depinde de tipul utilajului de mărunţire, de duritatea materialului şi de mărimea iniţială a particulelor de material.

Trepte de mărunţire. Maşinile de mărunţire nu pot asigura într-o singură operaţie mărunţirea materialului la dimensiunea finală dorită, motiv pentru care în vederea realizării unor dimensiuni foarte mici, materialul este supus consecutiv mai multor trepte de mărunţire, aşa cum se consemnează în tabelul II.1.

Tabelul II.1

Treaptă de mărunţire	*D, mm*	*d, mm*	*Grad de mărunţire* $\left(\frac{D}{d}\right)$	*Tipuri constructive de utilaje de mărunţire recomandate*
		A. Materiale dure		
Concasare	1 500—100	500—25	3—4	Concasoare cu fălci
Granulare	125— 6	25—1	5—6	Concasoare cu cilindri Granulatoare cu fălci Granulatoare cu cilindri Granulatoare cu corpuri rostogolitoare (mori chiliene sau colerganguri)
Măcinare	5—0,15	0,5—0,01	10—15	Mori chiliene Mori cu bile Mori vibratoare
		B. Materiale moi		
Concasare	500—100	50—10	10	Concasoare cu cilindri Concasoare cu ciocane
Dezintegrare	12—0,5	0,6—0,01	20—50	Dezintegratoare Microatomizoare Mori chiliene Mori cu bile Mori cu jet Mori coloidale

Metode de mărunţire. După tipul forţelor mecanice care acţionează asupra materialului supus mărunţirii, metodele de mărunţire se clasifică în: comprimare (strivire), lovire, forfecare, frecare. Alegerea metodei de măcinare, de mărunţire se face în funcţie de proprietăţile fizico-mecanice ale materialului de sfărîmat. Astfel pentru materialele dure se utilizează mărunţirea prin comprimare şi lovire, iar pentru materiale moi, prin frecare. În general, forţele mecanice amintite mai sus acţionează combinat asupra materialului solid.

Procedee de mărunţire. Operaţia de mărunţire a materialelor solide se poate realiza prin procedee discontinue sau continue (fig. II.1).

Procedeele discontinue (fig. II.1, *a*) sînt procedeele în care materialul iniţial este încărcat în maşina de mărunţit şi apoi este supus operaţiei de mărunţire pînă ajunge la dimensiunea finală dorită.

Procedeele continue pot fi realizate în circuit deschis (fig. II.1, *b*) sau în circuit închis (fig. II.1, *c*), în care materialul de mărunţit se alimentează continuu, trecînd o singură dată (circuit deschis) sau de

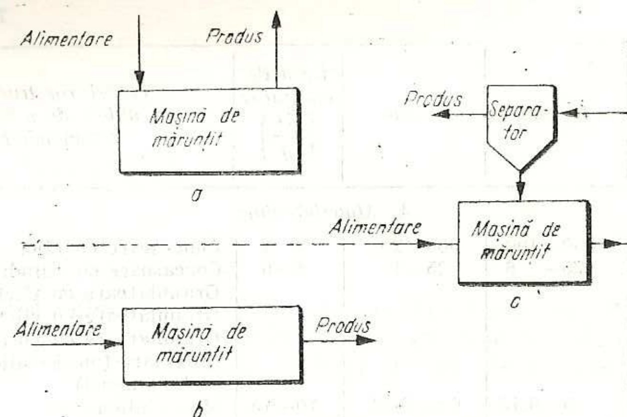


Fig. II.1. Procedee de mărunţire :
a — discontinuu ; b — continuu deschis ; c — continuu închis.

mai multe ori (circuit închis) prin maşina de mărunţit. Pentru obţinerea unui material de granulometrie cît mai uniformă se foloseşte procedeul continuu închis.

2. UTILAJE DE MĂRUNŢIRE

Utilajele de mărunţire se clasifică după gradul de mărunţire pe care-l realizează sau după construcţia lor (v. tab. II.1).

a. Concasoare şi granulatoare

Aceste utilaje se tratează împreună deoarece sînt construite pe aceleaşi principii, se exploatează în acelaşi mod, între ele existînd doar diferenţe de gabarit.

Concasoarele şi granulatoarele cu fălci. În aceste utilaje, mărunţirea are loc între două piese puternice — fălcile concasorului — datorită mişcării alternative executate de una sau de ambele fălci, în urma căreia materialul solid este sfărîmat prin comprimare şi despicare. Concasorul prezentat în figura II.2 are o falcă fixă *2* şi o falcă mobilă *1*, care execută mişcări de oscilaţie în jurul unui ax orizontal *5*, situat lîngă gura de încărcare. Cele două fălci sînt acoperite cu plăci din oţel dur *3* (conţinînd 12—14% mangan), rezistente la uzură, care se pot înlocui uşor. Lateral, spaţiul de mărunţire este limitat de două plăci rezistente, fixe. Maşina este alimentată cu material prin partea superioară. Mişcarea de oscilaţie a fălcii mobile este realizată cu ajutorul bielei *7*, care transmite mişcarea de la axul motor *6*, prevăzut cu un

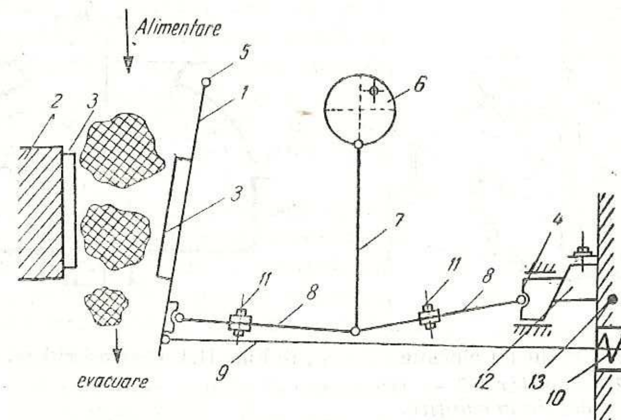


Fig. II.2. Concasorul cu o falcă mobilă :
1 — falcă mobilă ; 2 — falcă fixă ; 3 — bandaje din oţel dur ; 4 — placă de sprijin ; 5 — ax orizontal ; 6 — arbore cu excentric ; 7 — bielă ; 8 — plăci de presiune ; 9 — tijă de rapel ; 10 — arc ; 11 — şuruburi de siguranţă ; 12 — pană ; 13 — postament.

excentric, prin intermediul a două bare sau plăci de presiune *8*. Acestea realizează o articulaţie între bielă, falca mobilă şi piesa de sprijin *4*, articulaţie menţinută solidar printr-o tijă de rapel *9*, cu arc *10*. La acest tip de concasor cu fălci, deschiderea gurii de alimentare cu material este fixă, iar deschiderea de evacuare a produsului se poate regla cu ajutorul unor pene *12*.

Concasoarele şi granulatoarele cu fălci prezintă o serie de avantaje : simplitate şi robusteţe constructivă, exploatare uşoară, domeniu larg de utilizare. Ca dezavantaje, se amintesc : acţiune periferică asupra materialului, pune în mişcare mase mari neechilibrate, care necesită fundaţii solide, independente de fundaţiile clădirii.

Concasoarele şi granulatoarele cu ciocane. La concasoarele şi granulatoarele cu ciocane, materialul de mărunţit se găseşte suspendat în spaţiul de mărunţire, datorită cîmpului centrifugal puternic creat prin rotirea cu turaţie mare a rotorului (1 500—1 800 rot/min), în interiorul carcasei căptuşite cu plăci striate din oţel dur (fig. II.3).

Materialul introdus prin partea superioară, pătrunde în spaţiul de mărunţire, unde, prin lovire, repetată, ajunge la dimensiunea dorită şi trece prin grătarul *2*, aşezat la partea inferioară a carcasei. Aceste utilaje se folosesc pentru mărunţirea materialelor cu duritate medie (sare, calcar, ghips), a căror umiditate nu trebuie să depăşească

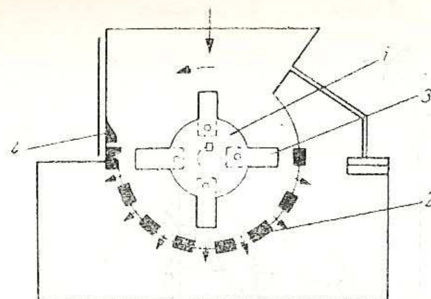


Fig. II.3. Concasorul cu ciocane : *1 — rotor ; 2 — grătar ; 3 — ciocane ; 4 — plăci de mărunțire.*

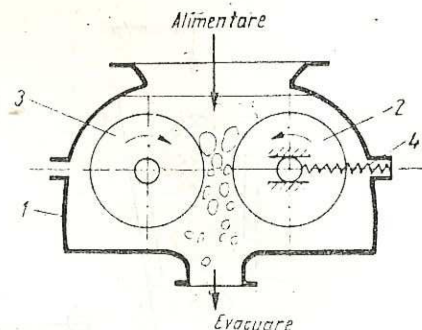


Fig. II.4. Concasorul cu cilindri.

10—15%, pentru a nu înfunda grătarul. Pentru sfărîmarea materialelor moi sau lipicioase, ciocanele se montează fix pe rotor.

Concasoarele și granulatoarele cu cilindri (cu valțuri) (fig. II.4). Sînt compuse dintr-o carcasă *1* și din doi cilindri (valțuri) metalici (netezi sau striați) *2* și *3*, de diametre egale, care se rotesc în sens opus. Unul din cilindri *2*, este susținut de lagăre care se pot deplasa, făcînd posibilă reglarea distanței dintre cilindri (în funcție de dimensiunea particulelor de material), precum și depărtarea cilindrilor (cu ajutorul arcului *4*), atunci cînd între ei pătrunde un material prea dur, care ar duce la suprasolicitarea (uzura rapidă) concasorului. Materialul se sfărîmă datorită strivirii și despicării (la cilindrii striați) între cei doi cilindri. Se folosesc pentru sfărîmarea materialelor semidure (marnă, argilă, ghips etc.).

Trebuie asigurată o anumită viteză periferică cilindrilor (între 1,8 și 2,5 m/s), astfel încît materialul să poată fi apucat între cilindri (să nu alunece).

b. Dezintegratoare și mori

Morile și dezintegratoarele realizează un grad de mărunțire asemănător.

Dezintegratoarele (fig. II.5) sînt utilaje în care materialul solid se mărunțește prin lovire și forfecare, datorită acțiunii unor tije metalice *7*, fixate pe două discuri *1* și *2*, care se rotesc în sensuri opuse cu turație foarte mare, peste 1 000 rot/min.

Materialul de mărunțit pătrunde prin pîlnia de alimentare în centrul spațiului de mărunțire, dintre tijele metalice. Aceste tije sînt fixate în cercuri concentrice, astfel încît tijele fixate pe un disc pătrund și se rotesc între tijele celuilalt disc. Datorită cîmpului de forțe centrifuge, materialul trece succesiv printre tijele așezate la distanțe din ce în ce mai mici către periferie, materialul mărunțindu-se treptat la dimensiunea dorită. Pentru a nu se avaria este necesar să se evite pătrunderea unor materiale prea dure în spațiul de mărunțire al mașinii.

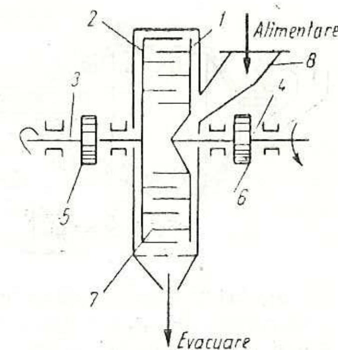


Fig. II.5 Schema unui dezintegrator : *1, 2 — discuri ; 3, 4 — arbori ; 5, 6 — roți de transmisie ; 7 — tijă din oțel dur ; 8 — gură de alimentare.*

Dezintegratoarele se utilizează pentru mărunțirea materialelor moi și semidure sau casante (cărbuni, sare, coloranți, medicamente, pirită), precum și a materialelor fibroase cu umiditate de pînă la 10%.

Morile cu bile. Sub această denumire, generală, sînt cuprinse morile în care corpurile de mărunțire (bile, sfere găurite, cuburi, inele, bastoane, bare etc.) se mișcă liber, împreună cu materialul de măcinat, într-un tambur (cilindru) rotativ. Folosite într-o mare varietate de tipuri constructive, morile cu bile sînt cele mai răspîndite mașini de măcinat din industria chimică.

Acțiunea de măcinare se realizează prin lovirea și frecarea materialului de către corpurile de măcinare, antrenate în mișcarea de rotație a tamburului datorită forței centrifuge. Pentru a avea loc efectul de lovire este necesară o turație optimă a tamburului astfel încît bilele să se ridice pînă la o anumită înălțime, după care să se desprindă și în cădere să asigure acțiunea de măcinare. Din calcule riguroase, s-a stabilit că turația opimă se calculează cu relația :

$$n_0 = \frac{32}{\sqrt{D}},$$

în care : D este diametrul tamburului, în m.

Morile cu bile se umplu cu corpuri de măcinat pînă la 40—45% din volumul total al morii ; diametrul bilelor depinde de dimensiunile inițiale și finale ale materialului (se obțin dimensiuni finale cu atît mai mici, cu cît diametrul bilelor este mai mic).

În figura II.6 este schițată o moară conică cu bile. Avantajul față de cea cilindrică, constă în aceea că, pentru a realiza o măcinare gradată, nu este necesară compartimentarea spațiului de măcinare, deoarece bilele se vor așeza în ordinea descrescîndă a diametrului lor de la sine (acțiunea diferențiată a forței centrifuge $F_c = m\omega^2 R$, funcție de diametrul morii). Aceasta creează avantajul unei construcții mai simple și a unei exploatări mai sigure.

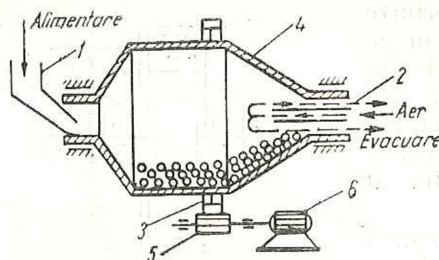


Fig. II.6. Moară conică cu bile : *1 — gură de alimentare ; 2 — conductă de alimentare cu aer ; 3 — bandaj de acționare a morii ; 4 — corpul morii ; 5 — roată dințată acționată de motor ; 6 — motor electric.*

Morile cu bile lucrează cu un randament bun și cu un grad de mărunțire ridicat.

B. CLASAREA MATERIALELOR SOLIDE

1. GENERALITĂȚI

Clasarea este operația de separare, după dimensiuni, a particulelor unui material solid în fracțiuni (clase) granulometrice. Clasarea se poate realiza volumetric (cernere), prin separarea particulelor pe baza diferenței de volum, și gravimetric (separare pneumatică), prin separarea particulelor pe baza diferenței de masă a particulelor.

Cernerea se realizează prin trecerea materialului solid peste suprafețele de cernere, care au deschideri (fante, găuri circulare, ochiuri pătrate) de dimensiuni bine determinate. Cu ajutorul fiecărei suprafețe de cernere se obține o fracțiune granulomtrică numiă *trecut T*, cu dimensiuni mai mici decît ale deschiderilor, și o fracțiune granulometrică numită *rămas R*, cu dimensiuni mai mari decît cele ale deschiderilor. Trecînd materialul solid peste mai multe suprafețe se pot întocmi grafice ca cel din figura II.7, care arată ponderea, în %, a diferitelor fracțiuni granulometrice înr-un amestec supus analizei. Rezultatele acestei analize servesc caraterizării amestecului solid din punct de vedere dimensional, ceea ce ajută la folosirea practică a materialelor solide în diferite procese.

Separarea pneumatică se realizează cu un curent de aer cu viteză bine determinată, care antrenează particulele solide de o anumită greutate, celelalte, mai grele, se depun. Prin construcție se urmărește ca în separatoarele pneumatice să fie posibilă variația vitezei aerului, astfel încît să se poată separa fracțiunile granulometrice după greutatea particulelor.

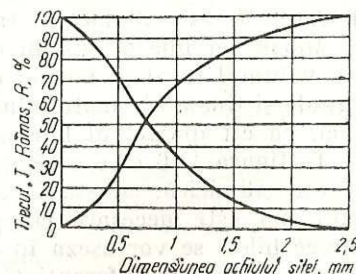


Fig. II.7. Curbă integrală pentru analiza granulometrică.

2. UTILAJE PENTRU CLASAREA MATERIALELOR SOLIDE

Utilajele pentru clasare se clasifică în funcție de modul de realizare a operației, iar în cadrul acestor grupe, după construcție.

Utilajele pentru cernere sînt grătarele, ciururile și sitele.

Grătarele sînt formate din bare paralele, fixate la distanțe egale, pe suporturi transversale, astfel încît între ele sînt fante egale. Se folosesc, mai ales, grătarele cu bare mobile (realizează mișcare de translație), care asigură randamente mai mari de separare și evită înfundarea cu material al fantelor.

Grătarele au utilizare restrînsă în industria chimică, unde particulele de materiale solide folosite au, în general, toate cele trei dimensiuni, aproximativ egale.

Ciururile și sitele sînt table perforate (cu găuri circulare sau pătrate), ori țesături metalice sau textile (cu ochiuri pătrate). Convențional, denumirea de *site* se folosește cînd deschiderile au dimensiunea mai mică de 1 mm, și denumirea de *ciururi* pentru cele cu deschideri mai mari de 1 mm.

Ciururile și sitele rotative constau din una sau mai multe suprafețe de cernere, din tablă perforată, sau din împletitură de sîrmă, dispuse concentric, în formă de tambur cu secțiuni cilindrice sau poligonale. Suprafețele de cernere sînt întinse pe două sau trei cercuri de oțel fixate prin bare dispuse radial pe un ax sprijinit în lagăre.

Ciururile sau sitele tronconice rotative din figura II.8, prevăzute cu trei suprafețe de cernere, prezintă următoarele avantaje : randament mare de cernere, evitarea înfundării suprafețelor, exploatare simplă.

Ciururile și sitele oscilante sînt suprafețe de cernere plane, montate în rame ; au mișcare oscilantă realizată cu ajutorul unui mecanism corespunzător, de obicei, o bielă acționată de un arbore cu excentric

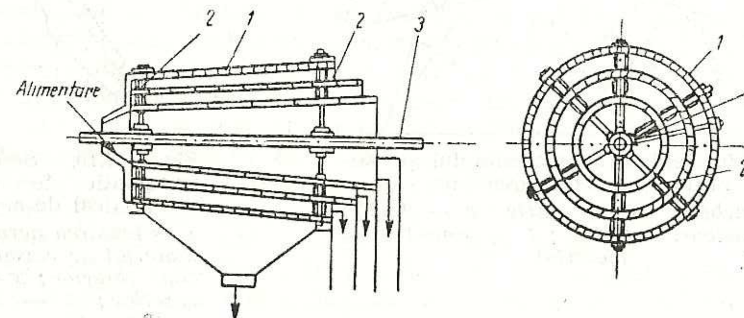


Fig. II.8. Ciur rotativ tronconic : *1 — suprafețe de cernere ; 2 — tije radiale pentru susținere ; 3 — arbore motor.*

(fig. II.9). Ramele ciururilor și sitelor sînt sprijinite pe picioare elastice, înclinate cu 15° pe verticală, ceea ce face posibilă oscilarea suprafeței de cernere (60—400 oscilații/min în funcție de natura materialului de separat), cu o amplitudine de la 2 la 100 mm. Datorită acestor oscilații, particulele care au dimensiuni mai mari decît deschiderile ochiurilor vor căpăta o mișcare aparentă prin salturi față de ciur și se vor evacua, lăsînd suprafața de cernere liberă pentru trecerea particulelor cu dimensiuni mai mici decît deschiderile ochiurilor.

Ciururile și sitele vibratoare funcționează pe același principiu, deosebindu-se prin aceea că amplitudinea este mult mai mică, iar frecvența mult mai mare (aceste oscilații se numesc vibrații). Dispozitivele de producere a vibrațiilor pot fi mecanice sau electromagnetice.

Ciururile și sitele oscilante și vibratoare sînt cele mai folosite utilaje de cernut din industria chimică, datorită avantajelor pe care le prezintă : randamente foarte mari de cernere, productivitate ridicată, exploatare sigură.

Utilajele pentru separarea pneumatică sînt : cu curent orizontal de aer, cu curent vertical de aer și centrifugale.

Separatorul pneumatic cu curent vertical de aer (fig. II.10). Pentru separare se utilizează efectul gravitației asupra granulelor de diferite dimensiuni într-un curent de aer care-și micșorează brusc viteza din cauza măririi secțiunii de curgere la intrarea în separatorul *1*, în spațiul

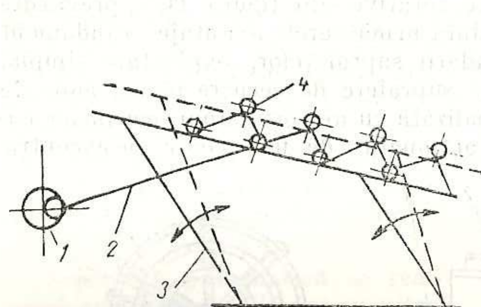


Fig. II.9. Deplasarea materialului pe suprafața unui ciur oscilant :
1 — arbore cu excentric ; 2 — bielă ; 3 — picioare elastice ; 4 — granulă de material.

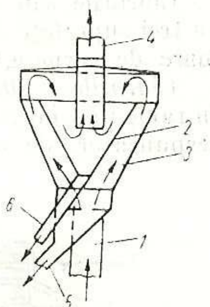


Fig. II.10. Separator pneumatic în curent vertical de aer :
1 — intrarea aerului cu material de clasat; 2 — con interior ; 3 — con exterior ; 4 — ieșirea aerului ; 5 — evacuarea fracțiunii grele ; 6 — evacuarea fracțiunii ușoare.

inelar dintre cele două conuri *2* și *3*. Viteza aerului scade apoi și în interiorul conului *2*. Se obțin două fracțiuni granulometrice (grea și ușoară).

Aceste separatoare se montează de obicei deasupra morilor, astfel încît fracțiunea grea evacuată prin racordul *5*, să fie returnată în circuitul de măcinare (v. procedeul continuu închis de măcinare), iar fracțiunea ușoară evacuată prin racordul *6*, constituie produsul care a atins dimensiunea dorită. În concluzie, dimensiunile particulelor celor două fracțiuni depind de viteza aerului folosit pentru separare.

C. TRANSPORTUL MATERIALELOR SOLIDE

În instalațiile din industria chimică, materialele solide granulare pulverulente, paste, trebuie transportate dintr-un loc într-altul pentru diferite scopuri tehnologice (intrare și ieșire din procese, încărcare, descărcare, depozitare etc.). Dată fiind diversitatea acestor situații și diversitatea de materiale, se folosesc foarte multe tipuri de transportoare, care se aleg cu mare atenție de către proiectanți, ținînd seama de proprietățile materialului (abraziune, fiabilitate, sensibilitate la oxigen și umiditate, tendință de lipire, prăfuire etc.) și de condițiile tehnologice (debit, distanță, diferență de nivel, temperatură etc.).

UTILAJE DE TRANSPORT

Utilajele de transport se clasifică după mai multe criterii, ca : modul de lucru *(continuu și discontinuu)*, direcția de deplasare a sarcinii (pe *orizontală*, pe *verticală)*, după natura forțelor care realizează transportul *(mecanice* și *pneumatice)*, după natura organului de tracțiune *(flexibil, neflexibil)*.

În continuare se vor studia numai transportoarele cu funcționare continuă, care se clasifică în : *mecanice*, care pot fi cu organ flexibil de tracțiune (bandă, racleți, elevatoare) sau fără organ flexibil (elicoidale, oscilante, vibratoare) și *pneumatice*, care pot fi cu refulare și aspirație.

Transportoarele cu bandă sînt cele mai utilizate utilaje pentru transportul continuu, pe distanțe mici, al materialelor solide granulare sau în bucăți, pe direcție orizontală sau cu înclinări pînă la 20—25°. Se folosesc, însă, și pentru transportul la distanțe mari (de ordinul kilometrilor), al nisipului și pietrișului, utilizîndu-se mai multe benzi, cu lungimea de 300—400 m fiecare, montate în serie.

Un transportor cu bandă (fig. II.11) este format dintr-o bandă flexibilă fără sfîrșit *1* (bandă transportoare), înfășurată pe doi tamburi *2* și *3* și susținută în lungul ei pe rolele cilindrice purtătoare *4*. Uneori, rolele pot fi astfel montate, încît ramura superioară a benzii să nu mai rămînă plană, ci să ia forma unui jgheab (fig. II.12, *b*). Tamburii și

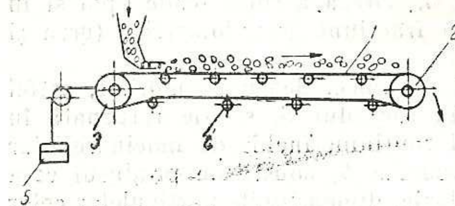


Fig. II.11. Schema unui transportor cu bandă :

1 — bandă fără sfîrșit ; 2 — tambur de acționare ; 3 — tambur de întindere ; 4 — role de susținere ; 5 — contragreutate.

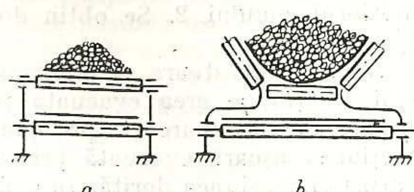


Fig. II.12. Secțiune transversală printr-un transportor cu bandă :

a — cu bandă orizontală ; b — cu bandă în formă de jgheab.

rolele sînt așezate pe un schelet metalic construit din oțel profilat. Banda este antrenată de tamburul *2*, acționat de un motor electric, prin intermediul unui reductor de viteză. Tamburul *3* servește la întinderea benzii, pentru a asigura un contact cît mai bun, ușurînd astfel antrenarea. Viteza de deplasare a benzilor transportoare poate fi între 0,5 și 3 m/s.

Elevatoarele (fig. II.13). Organul transportor este format fie dintr-o bandă flexibilă fără sfîrșit, fie din unul sau mai multe lanțuri trecute peste două roți *3* și *5*, cea din partea superioară servind pentru acționare. Pe banda *1* sînt fixate cupele *2*, în care se încarcă materialul. Roțile sînt montate pe un schelet metalic, pe care sînt fixate role de ghidare. Transportorul este protejat de carcasa *4*, care nu permite împrăștierea materialului de transportat.

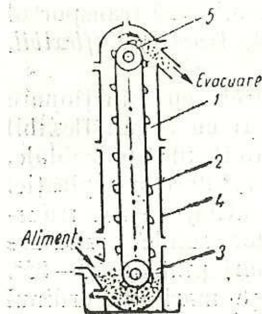


Fig. II.13. Elevator cu cupe :

1 — bandă (lanț) fără sfîrșit ; 2 — cupe ; 3 — roată de întindere ; 4 — carcasă ; 5 — roată de acționare.

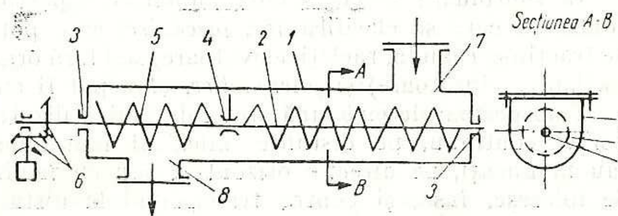


Fig. II.14. — Schema de principiu a unui transportor cu melc :

1 — jgheab ; 2 — arbore ; 3 — lagăre de capăt ; 4 — lagăr intermediar ; 5 — suprafață elicoidală ; 6 — roți dințate ; 7 — gură de alimentare ; 8 — gură de descărcare.

Transportoarele elicoidale (fig. II.14) numite și transportoare cu *melc* sau cu *șnec* sînt formate dintr-un jgheab *1*, în formă de *U*, în interiorul căruia se rotește o suprafață elicoidală *5*, fixată pe un arbore *2*. Această suprafață poate avea diferite forme : elice plană, elice bandă, elice cu margini dințate sau palete dispuse în elice. Materialul de transportat, datorită greutății proprii și forțelor de frecare cu pereții jgheabului, nu se rotește o dată cu suprafața elicoidală, ci este deplasat prin împingere către gura de descărcare *8*. Se utilizează la transportul pe direcție orizontală sau înclinări pînă la 20° a materialelor solide granulare, pulverulente, a pastelor, pe distanță de pînă la 40 m. Asigurînd o etanșare perfectă, se poate folosi pentru transportul materialelor toxice sau inflamabile.

Transportoarele oscilante și vibratoare (fig. II.15). Transportul materialelor în aceste utilaje se bazează pe aceleași principii cu ale ciururilor oscilante și vibratoare ; în cazul transportoarelor, suprafața de transport nu este prevăzută cu orificii. Transportoarele oscilante și vibratoare sînt utilizate tot mai des în industria chimică pentru materialele granulare sau pulverulente. Ele prezintă avantaje deosebite față de celelalte categorii de transportoare, mai ales în cazul materialelor pulverulente, toxice sau fierbinți : asigură etanșare bună, prezintă consum de energie relativ scăzut. Pot asigura transportul de debite de pînă la 250 t/h material, la distanțe de pînă la 100 m.

Transportoarele pneumatice. Principiul transportoarelor pneumatice se bazează pe antrenarea particulelor de material solid într-un curent de aer care circulă prin conductele transportoare montate orizontal sau vertical.

Curentul de aer necesar transportului pneumatic poate fi suflat prin conducta transportoare, în imediata vecinătate a materialului de transportat, sau poate fi realizat prin aspirația aerului în celălalt capăt al conductei. Cînd funcționează pe principiul suflării aerului la conductă, instalația de transport acționează prin refulare, iar în celălalt caz, prin aspirație.

Pentru a antrena particulele de material solid, viteza aerului trebuie să fie mai mare decît viteza de cădere liberă (sedimentare) a particulelor respective în aerul staționar. Funcție de dimensiunile materialului ce urmează a fi antrenat se utilizează viteze cuprinse între 8 și 35 m/s.

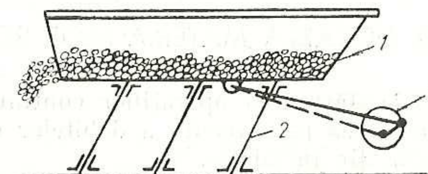


Fig. II.15. Schema unui transportor oscilant :

1 — jgheab transportor ; 2 — picioare elastice ; 3 — arbore de acționare.

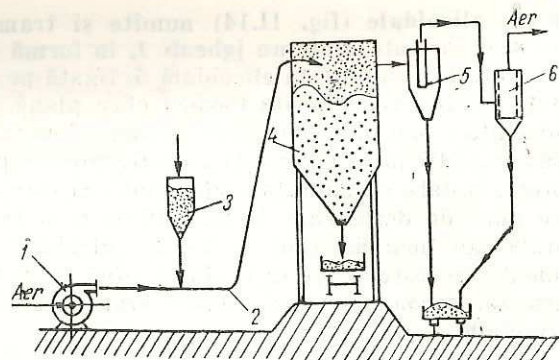


Fig. II.16. Instalaţia de transport pneumatic prin refulare :

1 — suflantă ; 2 — conductă de transport ; 3 — siloz de alimentare ; 4 — buncăr de descărcare ; 5 — ciclon ; 6 — filtru cu saci.

Instalaţiile de transport pneumatic prin refulare (fig. II.16). La aceste instalaţii de transport aerul refulat de suflantă antrenează materialul solid ce cade prin dozare pînă la buncărul de descărcare ; din cauza secţiunii mari a acestuia, viteza aerului scade, particulele mai mari de material se depun (cea mai mare parte a cantităţii de material). Particulele mai fine de material, antrenate în continuare de aer sînt separate în ciclonul *5* şi în filtrul cu saci *6*. Aceste instalaţii se utilizează în industria chimică pentru transportul materialelor dintr-un singur loc, în mai multe puncte, la distanţe de pînă la 300 m.

Transportoarele pneumatice prin aspiraţie. Un exhaustor montat după punctul final al instalaţiei asigură depresiunea necesară (0,5—0,6 at) aspiraţiei curentului de aer. Instalaţia necesită o etanşare perfectă pentru menţinerea depresiunii, ceea ce face ca exploatarea să fie mai dificilă. Se utilizează la transportul materialelor solide granulare din mai multe puncte într-unul singur, la distanţe de pînă la 100 m.

D. DOZAREA MATERIALELOR SOLIDE

Desfăşurarea operaţiilor continue, în regim staţionar, implică cunoaşterea permanentă a debitelor de alimentare cu materiale a utilajelor din instalaţie.

Aparatele pentru măsurarea debitelor sau a cantităţilor de materiale solide granulare şi pulverulente se numesc *dozatoare.*

Ca dozatoare, pot fi utilizate toate tipurile de transportoare descrise. Mai frecvent se utilizează *transportoarele cu şnec,* şi într-o măsură mai

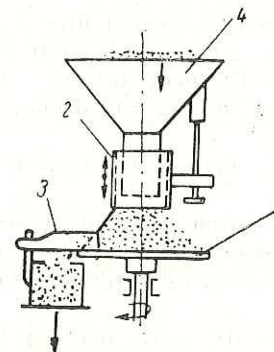


Fig. II.17. Dozator cu taler :

1 — taler rotativ ; 2 — manşon de reglare ; 3 — racletă ; 4 — gură de alimentare.

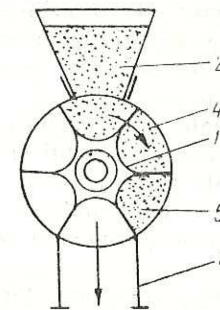


Fig. II.18. Dozator rotativ compartimentat :

1 — rotor celular ; 2 — gură de alimentare ; 3 — gură de descărcare ; 4 — celule ; 5 — carcasă cilindrică.

mică, *transportoarele cu bandă.* În afară de acestea, în industria chimică, se utilizează *dozatoare cu taler* şi *dozatoarele rotative compartimentate.*

Dozatorul cu taler (fig. II.17) constă dintr-un taler rotativ *1*, montat sub silozul de material *4*. Materialul curge din siloz printr-un cilindru scurt *2* (manşon de reglare), cade pe talerul rotativ şi este îndepărtat de pe acesta cu ajutorul racletei *3*. Debitul de material se reglează prin reglarea poziţiei cilindrului şi a racletei, cît şi prin variaţia turaţiei talerului.

Dozatorul rotativ compartimentat (fig. II.18) este format dintr-un rotor *1*, cu pereţi, care împart spaţiul din carcasa *5* în mai multe compartimente (celule), cu volum egal. Debitul de material este funcţie de volumul compartimentelor şi de turaţia rotorului.

E. DEPOZITAREA MATERIALELOR SOLIDE

Condiţiile de depozitare a materialelor solide granulare şi pulverulente sînt determinate de anumite caracteristici fizice şi chimice ale acestora, cum ar fi : sensibilitatea la căldură şi umiditate, pericolul de autoaprindere, de explozie şi de incendiu, toxicitatea etc.

În funcţie de condiţiile de depozitare impuse, depozitele pot fi : descoperite, acoperite (şoproane), închise (magazii şi silozuri sau buncăre).

Depozitele descoperite se folosesc pentru depozitarea unor cantități mari de materiale insensibile în condițiile atmosferice. Suprafața de depozitare poate fi naturală sau îmbunătățită prin diferite mijloace (platforme, prelate etc.) și prevăzută cu pantă sau cu drenaj pentru scurgerea apelor.

Șoproanele sînt spații acoperite pentru a proteja materialele de acțiunea directă a soarelui și a ploilor.

Magaziile servesc la depozitarea și păstrarea în condiții optime a materialelor. Încărcarea și descărcarea magaziilor cu material se realizează prin acoperișuri și respectiv prin podea, cu mijloace corespunzătoare.

Silozurile reprezintă depozite de capacitate mare, pînă la 100 m^3, în formă de piramidă sau cilindroconică, confecționate din tablă sau beton (uneori din cărămidă sau lemn). Partea inferioară a silozului, îngustată sub formă de trunchi de con sau trunchi de piramidă urmărește ușurarea descărcării materialului din siloz. Este necesar ca unghiul de înclinare al peretelui acestei părți să fie mai mare decît unghiul de taluz natural al materialului respectiv.

F. MĂSURI DE PROTECȚIE A MUNCII, DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

La toate utilajele și instalațiile cu degajare de praf se asigură etanșarea perfectă, se folosesc instalații de aspirație locală, iar spațiile de lucru vor fi prevăzute cu ventilație corespunzătoare.

Părțile în mișcare și organele de transmisie vor fi protejate cu apărători corespunzătoare (plase metalice, garduri din plasă metalică etc.).

Utilajele care lucrează cu substanțe toxice sau inflamabile vor fi prevăzute cu dispozitive de alimentare mecanică, cu instalații de aspirație locală, cu plasarea comenzilor în exterior, cu sisteme de ambalare directă. Se recomandă folosirea agregatelor bloc unitare (mărunțire-cernere-transport-ambalare) pentru eliminarea volumului mare de muncă, a efortului fizic și a poluării atmosferei.

Utilajele și instalațiile vor fi prevăzute la partea superioară de alimentare cu grătare, care să prevină introducerea mîinilor sau căderea muncitorilor în interiorul lor.

Utilajele și instalațiile prevăzute cu acționare mecanică sau electrică, vor fi prevăzute cu dispozitive de închidere și de blocaj a sistemelor de comandă, astfel încît acestea să nu fie pornite sau oprite decît de muncitorii care le exploatează.

Oprirea instalațiilor de transport se poate face și de către alți muncitori numai în caz de pericol.

Utilajele și instalațiile vor fi echipate cu sisteme care nu permit căderea materialului în afara acestora.

Spațiile de sub utilajele mecanice vor fi protejate cu plase metalice sau cu alte sisteme, astfel încît să nu permită căderea materialelor.

Toate intervențiile la utilajele mecanice se fac numai după oprirea acestora și curățirea lor ; în timpul intervențiilor se iau măsurile necesare pentru prevenirea pornirii utilajelor, care ar produce accidente foarte grave.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Să se deducă din descrierea constructivă a grătarelor, utilizarea restrînsă a lor.
2. Dacă la separatorul pneumatic centrifugal se realizează o separare prealabilă a particulelor într-un cîmp de forțe centrifugale (prin împrăștierea cu ajutorul unui disc rotativ) și apoi se antrenează materialul într-un curent de aer de viteză precizată, să se stabilească avantajele acestuia față de separatorul în curent vertical de aer.
3. În industria chimică, pentru participarea la diferite operații fizice sau chimice, materialele solide trebuie să aibă particule de dimensiuni bine precizate. Care dintre operațiile mecanice studiate, asigură această condiție? Cum explicați necesitatea folosirii unor materiale solide cu particule de dimensiuni bine precizate, la desfășurarea operațiilor fizice și chimice la care acestea iau parte? Dați exemple de astfel de operații.
4. Folosind descrierea de la subcapitolul respectiv, să se facă schema unei instalații de transport pneumatic prin aspirație. Să se compare cele două tipuri de instalații de transport pneumatic.
5. Să se identifice organele de tracțiune ale transportoarelor studiate.
6. Să se identifice organele de mașini folosite în construcția transportoarelor cu bandă și a transportoarelor elicoidale (cu șnec).
7. Care este cel mai folosit dozator pentru materialele solide în industria chimică? De ce?
8. Să se indice cît mai multe materiale solide folosite în industria chimică. Să se arate în ce scopuri se folosesc. Să se indice operațiile mecanice care prelucrează aceste materiale.

Capitolul III

OPERAȚII HIDRODINAMICE

În procesele tehnologice din industria chimică, materiile prime care se prelucrează, produsele intermediare și produsele finite obținute se găsesc de cele mai multe ori în stare fluidă sau sînt aduse în această stare. În stare fluidă, materialele sînt transportate în instalațiile industriale conform fluxului tehnologic, sau sînt supuse unor prelucrări de natură fizică și chimică cerute de procesul tehnologic.

A. CURGEREA FLUIDELOR

Mecanica fluidelor are ca obiect studiul legilor de echilibru sau de repaus (statica) și de mișcare sau de curgere (dinamica) ale fluidelor și al interacțiunilor dintre fluide și suprafețele solide cu care sînt în contact.

Operațiile hidrodinamice se bazează pe legi comune stărilor de repaus și de mișcare ale fluidelor.

1. STAREA FLUIDĂ A MATERIEI

Prin stare fluidă sau fluid se înțelege acea stare a materiei care se caracterizează prin mișcarea moleculelor unele față de altele (moleculele nu au o poziție fixă în masa de fluid și printr-o deformare ușoară, fluidele curg, luînd forma vasului în care se află).

Cele mai reprezentative fluide sînt *lichidele* și *gazele.* Acestea se deosebesc între ele prin efectele temperaturii și presiunii asupra stării lor (fig. III.1).

Lichidele se consideră practic *necompresibile* și *nedilatabile,* adică cu creșterea presiunii își micșorează puțin volumul, iar cu creșterea temperaturii își măresc puțin volumul (fig. III.1, *a*). Densitatea lor variază deci puțin cu schimbarea presiunii și a temperaturii.

Gazele suferă modificări importante sub influența presiunii și a temperaturii (fig. III.1, *b*). Densitatea gazelor variază deci mult cu schimbarea presiunii și a temperaturii. Ele se consideră fluide *compresibile* și *dilatabile.*

Gazele se împart în *gaze permanente (necondensabile)* cînd nu se pot lichefia prin comprimare fără răcire și în *vapori (condensabile)* cînd se pot lichefia prin simplă comprimare.

Comportări asemănătoare fluidelor au și sistemele eterogene lichide și gazoase (inclusiv solidele aduse în stare de fluidizare).

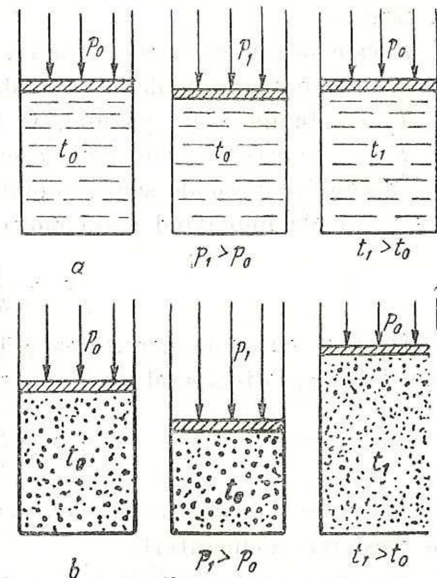


Fig. III.1. Efectele presiunii și temperaturii asupra fluidelor: *a — lichide; b — gaze.*

2. MĂRIMI FIZICE CARACTERISTICE FLUIDELOR

Volumul V reprezintă spațiul ocupat de masa de fluid.

Pentru a compara diferite volume de gaze, trebuie ca ele să fie exprimate în aceleași condiții de temperatură și presiune. Cînd nu se precizează aceste condiții se consideră că volumul este exprimat în condiții normale (0°C și 760 mm Hg).

Pentru a afla volumul V al unui fluid la temperatura T și presiunea p, cunoscînd volumul lui V_1 la temperatura T_1 și presiunea p_1, se folosește relația:

$$V = V_1 \frac{p_1 \cdot T}{p \cdot T_1}. \qquad \text{(III-1)}$$

Densitatea (masa volumetrică sau specifică) reprezintă masa unității de volum:

$$\rho = \frac{M}{V}. \qquad \text{(III-2)}$$

Pentru gaze, densitatea se calculează în funcție de temperatură și presiune cu ecuația de stare (valabilă pentru temperaturi ridicate și presiuni joase):

$$\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}, \qquad \text{(III-3)}$$

în care :

p este presiunea gazului, în Pa ;

M — masa moleculară a gazului, în kg/kmol ;

T — temperatura gazului, în K ;

R — constanta universală a gazelor, 8 317 Pa·m³/kmol·K.

În condiţii normale sau apropiate de acestea, densitatea gazelor se poate calcula împărţind masa moleculară M la volumul molar, adică :

$$\rho = \frac{M}{22,4}. \qquad \text{(III-4)}$$

Dacă se cunoaşte densitatea ρ la o temperatură T şi presiune p, densitatea ρ_1 la temperatura T_1 şi presiunea p_1 se determină cu relaţia :

$$\rho_1 = \rho \frac{p_1 \cdot T}{p \cdot T_1}. \qquad \text{(III-5)}$$

În general, densitatea fluidelor creşte cu creşterea presiunii şi scade cu creşterea temperaturii.

Densitatea relativă este o mărime fără dimensiuni, care rezultă din raportul dintre densitatea fluidului şi densitatea unui fluid de referinţă, în condiţii de temperatură şi presiune date.

Greutatea G este o forţă a cărei valoare este dată de produsul dintre masa fluidului şi acceleraţia gravitaţională :

$$G = m \cdot g. \qquad \text{(III-6)}$$

Acceleraţia gravitaţională, g, variază cu latitudinea şi cu altitudinea. Valoarea medie a acesteia este $g = 9,81$ m/s².

Presiunea p este forţa care acţionează normal (perpendicular) pe unitatea de suprafaţă liberă a fluidului, precum şi forţa cu care fluidul apasă după direcţie normală pe unitatea de suprafaţă a unui corp solid cu care vine în contact, adică :

$$p = \frac{F}{A}, \qquad \text{(III-7)}$$

în care :

F este forţa care acţionează perpendicular asupra suprafeţei A.

Relaţiile de transformare a diferitelor unităţi de măsură ale presiunii sînt date în tabelul III.1.

Tabelul III. 1

Relaţii de echivalenţă a diferitelor unităţi de măsură

Unitatea de măsură	Pa = N/m²	kgf/m² = = mm H_2O	at = kgf/cm²	at = 700 mmHg	bar = daN/cm²	torr = mmHg
1 Pa = 1 N/m²	1	$1,02 \cdot 10^{-1}$	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$0,987 \cdot 10^{-5}$	10^{-5}	$0,75 \cdot 10^{-2}$
1 kgf/m² = 1 mm H_2O	9,81	1	10^{-4}	$9,678 \cdot 10^{-5}$	$9,81 \cdot 10^{-5}$	$0,736 \cdot 10^{-1}$
1 at = 1 kgf/cm²	$0,981 \cdot 10^{5}$	10^{4}	1	0,968	0,981	735,56
1 atm = 760 mm Hg	$1,013 \cdot 10^{4}$	$1,033 \cdot 10^{4}$	1,033	1	1,013	760
1 bar = 1 daN/cm²	10^{5}	$1,02 \cdot 10^{4}$	1,02	0,987	1	750,1
1 torr = 1 mm Hg	$1,333 \cdot 10^{2}$	$1,359 \cdot 10$	$1,359 \cdot 10^{-3}$	$1,316 \cdot 10^{-3}$	$1,333 \cdot 10^{-3}$	1

NOTĂ : Valorile date în tabel sînt rotunjite.

Pentru măsurarea presiunii se utilizează două presiuni de referinţă : presiunea atmosferică şi presiunea zero sau vidul absolut ; faţă de ele presiunea se exprimă în următoarele moduri (fig. III.2) :

— *Presiunea atmosferică (barometrică)* p_{atm} exprimă presiunea exercitată de stratul atmosferic. Ea variază cu altitudinea.

— *Presiunea manometrică (relativă, efectivă sau suprapresiunea)* p_{man} reprezintă excesul de presiune ce depăşeşte presiunea atmosferică. Ea se măsoară cu ajutorul manometrelor, fiind presiunea exercitată efectiv de fluide în interiorul aparatelor, utilajelor şi instalaţiilor.

— *Presiunea absolută* p_{ata} este presiunea totală exercitată de un fluid, măsurată de la un vid absolut ($p_{atm} = 0$). Ea se obţine prin însumarea presiunii manometrice cu presiunea atmosferică, adică :

$$p_{ata} = p_{man} + p_{atm}. \qquad \text{(III-8)}$$

— *Presiunea remanentă* p_{rem} reprezintă presiunea absolută în cazul în care este mai mică decît presiunea atmosferică.

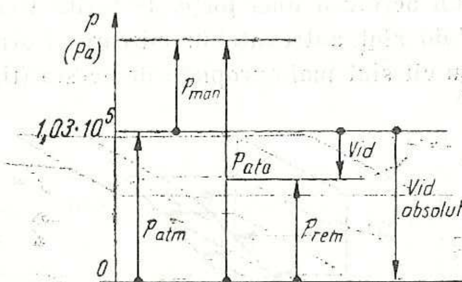


Fig. III.2. Exprimarea presiunii faţă de presiunile de referinţă.

Diferența dintre presiunea atmosferică și presiunea remanentă se numește *depresiune*, *vid* sau *vacuum*. Se măsoară cu ajutorul vacuummetrelor metalice sau cu tuburile piezometrice.

Debitul volumetric Q reprezintă volumul de fluid care trece în unitatea de timp printr-o secțiune dată, adică :

$$Q_v = \frac{V}{\tau}, \quad \text{(III-9)}$$

în care :

V este volumul de fluid care trece în timpul τ prin secțiunea dată.

Viteza medie de curgere w reprezintă volumul de fluid care trece în unitatea de timp prin unitatea de suprafață a secțiunii de curgere :

$$w = \frac{V}{A \cdot \tau} = \frac{Q_v}{A}. \quad \text{(III-10)}$$

Debitul masic Q reprezintă masa de fluid, care trece în unitatea de timp printr-o secțiune dată :

$$Q_m = \frac{V \cdot \rho}{\tau} = Q_v \cdot \rho. \quad \text{(III-11)}$$

Viteza de masă w_m reprezintă masa de fluid, care trece în unitatea de timp prin unitatea de suprafață a secțiunii de curgere :

$$w_m = \frac{Q_m}{A} = \frac{Q_v \cdot \rho}{A} = w \cdot \rho. \quad \text{(III-12)}$$

Viscozitatea este o proprietate caracteristică fluidelor, care apare numai la curgerea acestora. Ea se datorește frecării interne dintre moleculele fluidelor în curgere, manifestîndu-se prin rezistența pe care fluidele o opun deformării (curgerii). Deformarea unui fluid are loc sub acțiunea unei forțe. Datorită frecării, la deplasarea unui strat de fluid sînt antrenate în mișcare și straturile vecine, cu atît mai mult cu cît sînt mai apropiate de acesta (fig. III.3).

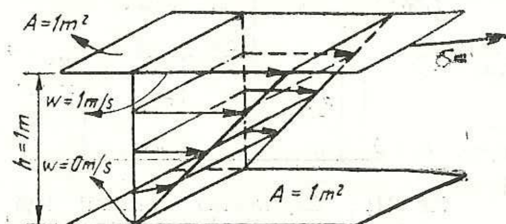


Fig. III.3. Schemă pentru delimitarea viscozității dinamice.

Viscozitatea egală cu forța necesară pentru a deplasa unul față de altul, două straturi paralele de fluid cu suprafața de 1 m², aflate la o distanță de 1 m, cu o viteză relativă de 1 m/s, se numește *viscozitate absolută* sau *dinamică* (1 Pa·s = 1 N·s/m² = 1 kg/m·s).

Viscozitatea cinematică γ este raportul dintre viscozitatea dinamică și densitatea fluidului, adică :

$$\gamma = \frac{\eta}{\rho}. \quad \text{(III-13)}$$

Ea se măsoară în m²/s.

Viscozitatea variază cu temperatura și presiunea și diferă de la un fluid la altul. Influența temperaturii și a presiunii asupra viscozității este arătată în tabelul III.2.

Tabelul III.2

Influența temperaturii și a presiunii asupra viscozității

Fluidul	*Viscozitatea dinamică*		*Viscozitatea cinematică*	
	La creșterea temperaturii	La creșterea presiunii	La creșterea temperaturii	La creșterea presiunii
Gaz	Crește	Crește	Crește	Scade
Lichid	Scade	Crește*	Scade	Crește*

* Excepție face apa la presiuni mari.

3. STATICA FLUIDELOR

Statica fluidelor studiază starea de repaus sau de echilibru a fluidelor și acțiunile pe care fluidele în stare de repaus le exercită asupra suprafețelor cu care sînt în contact (pereții vaselor, corpurile solide imersate etc.).

Un fluid este în stare de repaus sau de echilibru cînd rezultanta forțelor care acționează asupra masei de fluid este nulă. Asupra unui fluid în echilibru, cel mai frecvent, acționează forțe de presiune și de greutate proprie.

Presiunea statică (hidrostatică). Între moleculele în continuă mișcare ale unui fluid se produc ciocniri ale căror efecte se anulează reciproc. Ciocnirile moleculelor cu o suprafață solidă interioară sau cu peretele vasului, determină apariția în fiecare punct al suprafeței a unor forțe de presiune. Intensitatea cu care forța rezultantă a acestora acționează

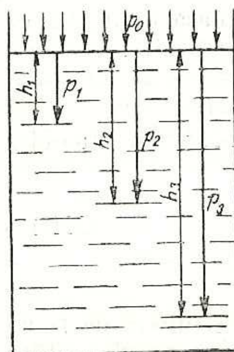


Fig. III.4. Presiunea statică în interiorul unui lichid.

într-un punct al suprafeței se exprimă printr-o mărime numită presiune statică (hidrostatică). Indiferent de poziția suprafeței, această forță acționează perpendicular pe suprafață.

La gaze, presiunea statică este constantă în toată masa fluidului; la lichide crește cu creșterea înălțimii coloanei de lichid deasupra nivelului ales de lichid (fig. III.4).

Presiunea în interiorul unui lichid este egală cu suma dintre presiunea p_0 exercitată asupra suprafeței libere a lichidului și presiunea statică creată de coloana de lichid ($\rho \cdot g \cdot h$), adică:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h. \qquad \text{(III-14)}$$

Ecuația (III-14) este *ecuația fundamentală a staticii fluidelor*. Ea se folosește la determinarea înălțimii lichidelor în vasele comunicante, la determinarea presiunii lichidelor pe fundul și pereții vaselor în care se găsesc, la determinarea poziției corpurilor imersate în lichide.

4. DINAMICA FLUIDELOR

Dinamica fluidelor studiază starea de mișcare sau de curgere a fluidelor și interacțiunile dintre fluidele în stare de curgere și corpurile solide cu care vin în contact.

Fluidele își schimbă ușor forma, adică sînt aduse în stare de mișcare sau de curgere, cînd rezultanta forțelor care acționează asupra masei de fluid nu este nulă.

Dinamica fluidelor poartă numele de *hidrodinamică* în cazul lichidelor și de *aerodinamică* în cazul gazelor.

a. Regimuri de curgere ale fluidelor

Urmărind traiectoria lichidului colorat în conducta *3* (fig. III.5) se constată că forma acesteia depinde de viteza medie de curgere prin conductă.

La viteze mici de curgere, vîna de lichid colorat se menține de-a lungul axei conductei. Rezultă că straturile de lichid se deplasează rectiliniu și paralel între ele și cu axa conductei. Acest regim de curgere se numește **curgere laminară sau vîscoasă.**

La viteze din ce în ce mai mari se observă că la un moment dat, vîna de lichid colorat are o mișcare ondulatorie, după care apar pulsații, iar în final se dispersează pe toată secțiunea conductei. Dispersarea se

datorește vîrtejurilor (turbioanelor) care apar la viteze mari de curgere; particulele de fluid au mișcare dezordonată, haotică, după traiectorii diferite. Acest regim de curgere se numește **curgere turbulentă.**

Regimul de curgere este determinat de viteza de curgere a fluidului w, de natura fluidului caracterizată prin viscozitate și de diametrul interior al conductei d. Acești parametri sînt corelați într-o expresie fără dimensiuni, cunoscută sub numele de *numărul (criteriul) lui Reynolds, Re*, dat de relația:

$$Re = \frac{d \cdot w}{\nu} = \frac{d \cdot w \cdot \rho}{\eta}. \qquad \text{(III-15)}$$

Valoarea numărului lui Reynolds definește caracterul curgerii fluidelor. Astfel:

$Re \leqslant 2\,300$ — curgerea este în regim laminar stabil;
$2\,300 < Re < 10\,000$ — curgerea este în regim intermediar;
$Re > 10\,000$ — curgerea este în regim turbulent stabil.

În regim intermediar de curgere, curgerea este nestabilă, putînd trece din regimul laminar în regimul turbulent și invers. Această trecere se face pe un interval de valori ale numărului lui Reynolds, depinzînd de o serie de condiții ca intrarea fluidului în conductă, rugozitatea conductei etc.

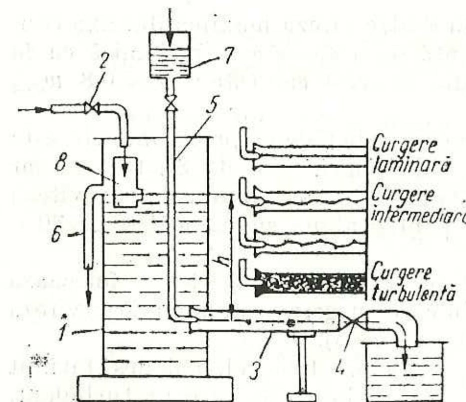


Fig. III.5. Experiență pentru determinarea regimului de curgere a lichidelor:
1 — vas; 2 — robinet de alimentare; 3 — conductă de curgere din sticlă; 4 — robinet pentru reglarea debitului; 5 — tub capilar; 6 — conductă de preaplin; 7 — vas cu lichid colorat; 8 — dispozitiv de liniștire.

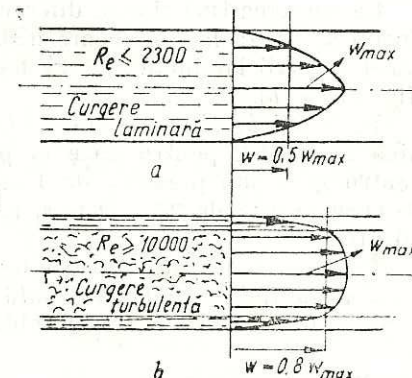


Fig. III.6. Repartiția vitezelor în secțiunea de curgere în:
a — regim laminar; b — regim turbulent.

Viteza de curgere la care un fluid trece dintr-un regim de curgere în altul se numeşte viteză critică w_{cr}, iar valoarea numărului lui Reynolds căruia îi corespunde această stare se numeşte de asemenea *critică*, Re_{cr} (în calcule practice) $Re_{cr} = 2\,300$).

În cazul curgerii unui fluid printr-o secţiune necirculară se calculează *diametrul echivalent* al secţiunii cu relaţia :

$$d_{ech} = \frac{4A}{P}, \tag{III-16}$$

în care :

A este aria secţiunii de curgere ;

P — perimetrul udat al secţiunii de curgere.

Repartizarea vitezelor în secţiunea de curgere. Vitezele particulelor de fluid aflate în curgere nu sînt egale în diferite puncte ale secţiunii conductei, datorită frecării particulelor, a straturilor de fluid între ele şi cu pereţii conductei.

La curgerea laminară, vitezele particulelor cresc de la zero lîngă pereţii conductei pînă la valoarea maximă, w_{max} în axa ţevii. Repartizarea vitezelor în secţiunea conductei este reprezentată în figura III.6. În cazul curgerii laminare, viteza medie este egală cu jumătate din viteza maximă (fig. III.6, *a*).

La curgerea turbulentă, diferenţa dintre viteza maximă din axa conductei şi viteza la o oarecare distanţă de aceasta este mai mică ca în cazul curgerii laminare. Viteza medie în acest caz este : $w = 0{,}8\ w_{max}$ (fig. III.6, *b*).

În practică, viteza medie de curgere a lichidelor prin conducte este pînă la 3 m/s ; pentru gaze la presiune mică este de $8 \div 15$ m/s, iar pentru gaze sub presiune de $15 \div 25$ m/s. Pentru abur saturat, viteza de curgere este de $20 \div 30$ m/s, iar pentru abur supraîncălzit de $30 \div 50$ m/s.

În regimul de curgere turbulent în apropierea pereţilor se formează un strat de fluid numit *strat limită* în care curgerea este laminară (viteza scade repede, devenind neglijabilă sau zero).

În practică cel mai des întîlnit este regimul de curgere turbulent.

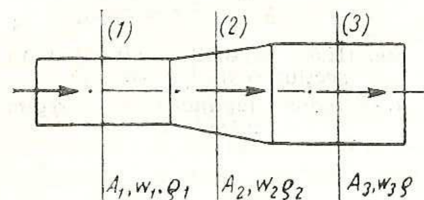


Fig. III.7. Schemă pentru stabilirea ecuaţiei continuităţii.

b. Ecuaţia continuităţii debitului

Ecuaţia continuităţii debitului se obţine prin aplicarea bilanţului de materiale asupra unui fluid în curgere. Se consideră o conductă de secţiune variabilă prin care curge un fluid (fig. III.7).

În regim de curgere staţionar, debitul masic care trece prin secţiunea *1* este egal cu cel care trece prin secţiunile *2* şi *3*, adică :

$$Q_m = A_1 \cdot w_1 \cdot \rho_1 = A_2 \cdot w_2 \cdot \rho_2 = A_3 \cdot w_3 \cdot \rho_3 = \text{const.}, \tag{III-17}$$

în care :

A_1, A_2, A_3 sînt ariile secţiunilor conductei ;

w_1, w_2, w_3 — vitezele medii de curgere ;

ρ_1, ρ_2, ρ_3 — densitatea fluidului în secţiunile de curgere.

Pentru fluidele necompresibile (lichide), densitatea este constantă ($\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho$).

În acest caz :

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho} = A_1 \cdot w_1 = A_2 \cdot w_2 = A_3 \cdot w_3 = \text{const.}, \tag{III-18}$$

Ecuaţia (III-17) care exprimă constanţa debitului de masă la curgerea în regim staţionar, prin conducte de secţiuni variabile, se numeşte *ecuaţia continuităţii debitului* sau *ecuaţia constanţei debitului.*

Ecuaţia continuităţii debitului se foloseşte la calcularea vitezei de curgere a unui fluid prin secţiuni de arii diferite şi a ariei secţiunii de curgere a fluidului (a diametrului, dacă secţiunea este circulară).

c. Frecarea şi pierderea de presiune la curgerea fluidelor prin conducte

La curgerea unui fluid printr-o conductă, o anumită cantitate de energie se consumă pentru învingerea rezistenţelor care se opun curgerii. Energia consumată se manifestă printr-o *pierdere de presiune* în direcţia de curgere a fluidului.

Pierderea de presiune Δp se compune din :

— pierderea de presiune datorită frecării Δp_f, fiind determinată de frecarea particulelor (straturilor) de fluid între ele şi cu pereţii conductei ;

— pierderea de presiune datorită rezistenţelor locale Δp_r fiind determinată de schimbarea direcţiei de curgere a fluidului, sau de trecerea unor obstacole (coturi, teuri, armături, îngustări şi lărgiri de conducte etc.).

Rezultă că :

$$\Delta p = \Delta p_f + \Delta p_r. \tag{III-19}$$

Pierderea de presiune prin conducte drepte datorită frecării se calculează cu relaţia lui Fanning sau relaţia Darcy-Weissbach :

$$\Delta p_f = y \frac{l}{d} \frac{w^2}{2} \rho, \tag{III-20}$$

în care :

l este lungimea conductei, în m ;

d — diametrul conductei, în m ;

w — viteza medie de curgere a fluidului, în m/s ;

ρ — densitatea fluidului, în kg/m³ ;

λ — coeficientul de frecare.

Valoarea coeficientului de frecare depinde de valoarea numărului Reynolds : $\lambda = f(Re)$. Dependenţa $\lambda - Re$ determinată experimental este reprezentată grafic într-o diagramă logaritmică (fig. III.8).

Cunoscînd valoarea numărului Reynolds, din diagramă, se poate citi direct valoarea coeficientului de frecare.

Pierderea de presiune datorită rezistenţelor locale (hidraulice) se poate determina prin metoda lungimii echivalente şi prin metoda coeficienţilor de rezistenţă locală.

Metoda lungimii echivalente constă în înlocuirea rezistenţelor locale cu o conductă dreaptă, care introduce aceeaşi pierdere de presiune ca şi rezistenţa locală. Lungimea echivalentă se calculează în funcţie de diametrul conductei cu relaţia :

$$l_{ech} = n \cdot d. \quad \text{(III-21)}$$

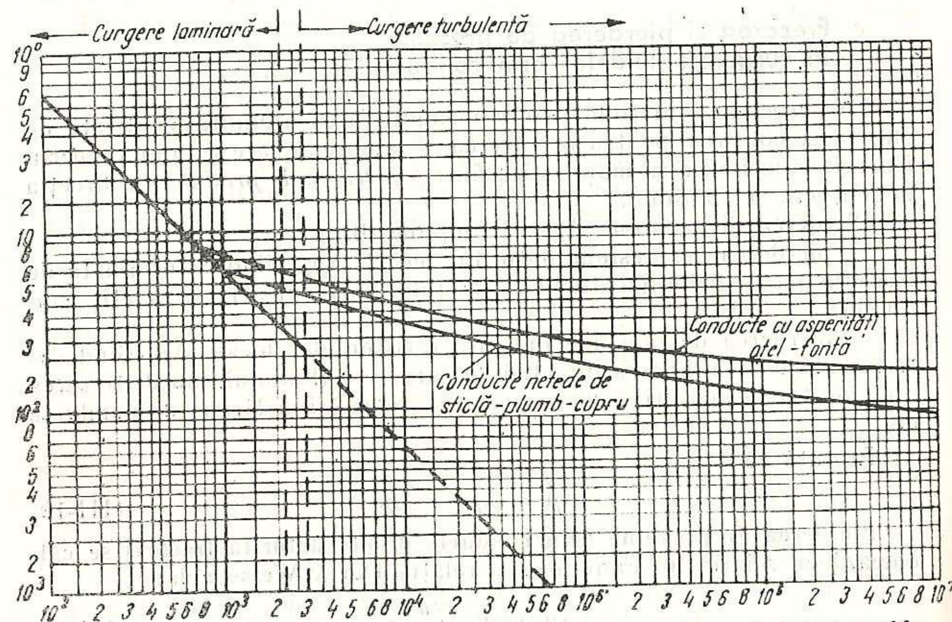


Fig. III.8. Dependenţa factorului de frecare λ de valoarea numărului Reynolds.

în care :

n este un coeficient determinat experimental, care depinde de felul rezistenţei locale (tab. III.3).

Tabelul III.3

Coeficientul pentru diverse rezistenţe locale

Felul rezistenţei locale	*n*	*Felul rezistenţei locale*	*n*
Cot de 45°	15	Teu cu sensul de curgere	60
Cot de 90°		Teu cu sensul de curgere	90
— cu d = 9,5—63,5 mm	30	Cruce	50
— cu d = 76—152 mm	40	Robinet cu ventil	60—300
— cu d = 178—254 mm	50	Robinet cu sertar (complet deschis)	7
— drept	60		

Căderea de presiune datorită rezistenţelor locale prin metoda lungimii echivalente se calculează cu relaţia :

$$\Delta p_r = \lambda \cdot \frac{\Sigma l_{ech}}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \lambda \cdot \frac{\Sigma (n \cdot d)}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho. \quad \text{(III-22)}$$

Pierderea de presiune totală (prin conducta dreaptă şi rezistenţele locale) se calculează cu formula :

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l + \Sigma l_{ech}}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho. \quad \text{(III-23)}$$

Metoda coeficientului de rezistenţă locală constă în determinarea căderii de presiune pe fiecare rezistenţă locală, cu relaţia :

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho. \quad \text{(III-24)}$$

în care ξ este coeficientul de rezistenţă locală, a cărui valoare depinde de tipul rezistenţei locale.

În tabelul III.4 sînt date valorile coeficienţilor de rezistenţă locală pentru cîteva tipuri de rezistenţe.

Tabelul III.4

Valori ale coeficientului de rezistenţă locală

Tipul, rezistenţei locale	*Variaţia lui ξ*	*Tipul rezistenţei locale*	*Variaţia lui ξ*
Cot de 90°	0,23—1,7	Lărgire bruscă de secţiune	0 —1,0
Curbă netedă	0,045—0,21	Robinet cu sertar	0,05—51
Curbă rugoasă	0,18—0,51	Robinet cu cep	0,05—53
Îngustare bruscă de secţiune	0—0,5	Robinet cu ventil (complet deschis)	5,5—10,8

Pierderea de presiune totală (prin conducta dreaptă şi prin rezistențele locale) se determină cu relaţia:

$$\Delta p = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \Sigma\xi\right)\frac{w^2}{2}\cdot\rho, \qquad \text{(III-25)}$$

în care $\Sigma\xi$ reprezintă suma tuturor coeficienţilor rezistenţelor locale aflate pe conductă.

Metoda coeficienţilor de rezistenţă locală pentru calculul căderii de presiune este mai exactă decît metoda lungimii echivalente.

d. Curgerea fluidelor prin straturi granulare şi umpluturi

În industria chimică, unele procese industriale (de transfer de masă şi termic, reacţii chimice etc.) se realizează prin trecerea fluidelor prin straturi formate din corpuri solide (granule, umpluturi, grătare, bancuri de ţevi etc.). Straturile granulare şi de umpluturi pot fi fixe, mobile sau fluidizate. La viteze mici ale fluidului are loc o curgere prin spaţiile libere ale stratului. Creşterea vitezei duce la fulidizarea stratului, iar la viteze foarte mari are loc antrenarea stratului (transportul pneumatic).

Curgerea fluidelor prin straturile granulare şi umpluturi depinde de proprietăţile straturilor, dintre care cele mai importante sînt:

— *suprafaţa specifică a stratului*, σ definită ca aria suprafeţei granulelor (umpluturii) conţinute într-un metru cub de strat (m^2/m^3);

— *porozitatea stratului (fracţia de goluri sau volumul liber specific)*, ε reprezintă volumul de goluri existente într-un metru cub de strat (m^3 goluri/m^3 strat);

— *viteza fictivă* w_f este viteza rezultată din raportul dintre debitul fluidului prin secţiunea liberă a stratului şi aria secţiunii utilajului lipsit de umplutură;

— *diametrul mediu al granulelor (particulelor)*, d_p este diametrul unei granule sferice avînd suprafaţa egală cu suprafaţa medie a granulelor.

Materialele solide care formează stratul pot avea formă geometrică neregulată (bucăţi de cocs, cărămidă, pietre etc.). Deoarece materialele de formă geometrică neuniformă determină rezistenţele hidraulice (căderi de presiune) mari şi înfundări ale stratului, cel mai frecvent se folosesc corpuri de formă geometrică diferită ca: inele Raschig, inele Lessing, inele Pall, şei Berl, sfere etc. (fig. III.9).

Pentru a evita curgerea preferenţială a fluidelor prin strat (canalizarea), trebuie să se asigure aşezarea cît mai regulată şi mai ordonată a corpurilor, să se repartizeze uniform fluidul pe secţiunea de curgere a stratului. La curgerea printr-un strat, fluidul întîmpină o rezistenţă la curgere, care se manifestă printr-o pierdere de presiune pe strat.

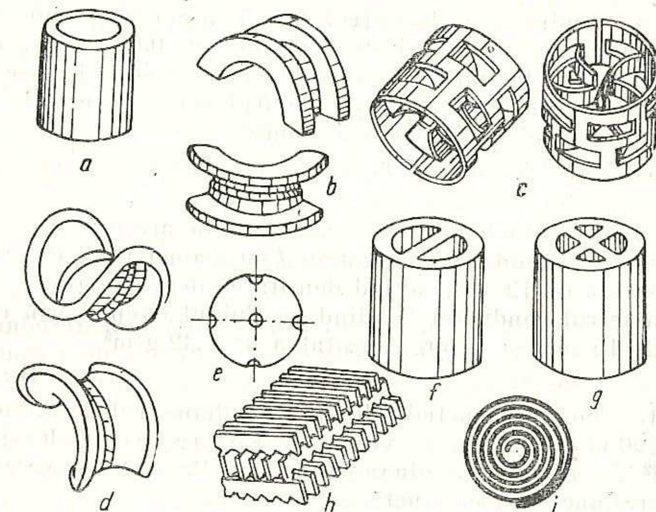


Fig. III.9. Corpuri de umplere:
a — inele Raschig; b — şei Intallox; c — inele Pall; d — şei Berl; c — sfere prevăzute cu găuri; f — inele Lessing; g — inele cu pereţi despărţitori; h — grătare; i — spirale.

Pentru determinarea pierderilor de presiune la curgerea unui fluid printr-un strat se folosesc mai multe metode care pornesc de la ecuaţiile generale (III-20) şi (III-24) adaptate condiţiilor de curgere prin strat.

APLICAŢII

1. Un gaz are masa moleculară 44. Să se afle densitatea gazului în condiţii normale. Ce densitate va avea gazul la temperatura de 77°C şi presiune de $20 \cdot 10^3$ Pa?

R: 1,964 kg/m^3; 30,245 kg/m^3.

2. Un manometru amplasat pe un vas indică presiunea de $25 \cdot 10^5$ Pa Presiunea atmosferică în locul unde este amplasat vasul este de $1,01 \cdot 10^3$ Pa. Care este presiunea absolută a gazului din vas?

R: $26,01 \cdot 10^5$Pa.

3. Într-un vas se află un lichid cu densitatea de 1 100 kg/m^3. Care este înălţimea lichidului în vas ştiind că presiunea exercitată la suprafaţa lichidului este de $25 \cdot 10^5$ Pa, şi că presiunea exercitată la fundul vasului este $25,8 \cdot 10^5$ Pa?

R: 7,41 m.

4. Printr-o conductă cu diametrul de 0,3 m curge un fluid cu densitatea de 1 200 kg/m³ și viscozitatea dinamică de 0,032 Pa·s. În 20 de secunde prin conductă curg 1,8 m³ de lichid. Să se calculeze debitul volumetric, viteza medie de curgere, debitul masic, viteza de masă și regimul de curgere al lichidului prin conductă.

R : 0,09 m³/s ; 1,27 m/s ; 108 kg/s ; 1 524 kg/m²·s ; 14 287 (regim turbulent).

5. Prin două conducte, *1* și *2*, cu secțiuni de arii diferite curge același debit masic de fluid. Prin conducta *1* cu diametrul de 0,2 m fluidul circulă cu viteza de 12 m/s, avînd densitatea de 1,29 kg/m³. Să se determine diametrul conductei *2* știind că fluidul circulă prin conductă cu viteza de 15 m/s și că are densitatea de 1,42 g/m³.

R : 0,17 m.

6. Printr-o conductă netedă dreaptă cu diametrul de 0,3 m și lungimea de 100 m curge apă cu viteza de 1,5 m/s, avînd densitatea de 1 000 kg/m³ și viscozitatea dinamică de 0,01 Pa·s. Să se calculeze căderea de presiune prin conductă.

R : 8 137,5 Pa.

B. CONDUCTE ȘI ARMĂTURI

1. CONDUCTE

Conductele servesc la transportul și distribuția fluidelor în instalațiile industriale între aparatele și utilajele componente. Gazele ocupă întotdeauna întreaga secțiune de curgere a conductei ; lichidele care curg orizontal sau descendent, ocupă uneori numai o parte din secțiunea transversală a conductei.

Conductele sînt ansambluri de elemente care delimitează spații de curgere a fluidului. Principalele elemente ale conductelor sînt : conducta propriu-zisă sau tubulatura (țevi sau tuburi), piesele de legătură (flanșe, mufe, nipluri, reducții, coturi, curbe, teuri etc.), armăturile (de reglare și distribuție, de reținere, de siguranță etc.), compensatoarele de dilatație (din țeavă, lenticulare etc.).

Alegerea traseului conductelor. Elementele componente ale conductelor se asamblează pe un traseu dinainte stabilit, astfel încît să fie montate pe drumul cel mai scurt, cu coturi și robinete cît mai puține (însă suficiente pentru a putea izola sau scoate din funcțiune, cînd este nevoie, aparate sau părți ale instalațiilor fără a se opri funcționarea celorlalte) ; să existe spațiu suficient care să asigure acces ușor la robinete, la manipularea aparatelor, la montarea și demontarea ușoară a unor elemente componente ale conductelor sau utilajelor : să nu fie supuse la eforturi străine (susținerea sau sprijinirea unor aparate).

Materiale folosite în construcția conductelor. Pentru construcția conductelor sînt întrebuințate, de obicei, materialele feroase (fonta oțelul). Pentru condiții de lucru severe (temperaturi și presiuni mari, corosivitate excesivă) se folosesc conducte din oțeluri aliate (oțeluri crom-nichel, crom-molibden etc.). Alte materiale folosite la construcția conductelor sînt materialele neferoase (cupru și aliaje cu cupru, aluminiu, plumb etc.) și materiale nemetalice (beton, ceramică, sticlă, mase plastice etc.).

Standardizarea conductelor. Pentru micșorarea numărului de tipuri constructive de conducte și pentru ușurarea și asigurarea unei asamblări corespunzătoare, conductele sînt standardizate după diametru și presiune.

Diametrul standardizat al conductelor se numește diametrul nominal D_n. Acesta este diferit de diametrul interior și exterior al conductei (ca valoare este mai apropiat de diametrul interior), pentru conducta cu $D_n = 0{,}08 \div 0{,}3$ m și egal cu diametrul exterior, pentru conducte cu $D_n > 0{,}3$ m.

Presiunea standardizată se numește presiune nominală p_n. Presiunea de lucru sau presiunea de regim p_r a unei conducte este mai mică sau cel mult egală cu presiunea nominală. Presiunea de probă (de verificare a rezistenței conductei) p_p este mai mare ca presiunea nominală $p_p = (1{,}5 \div 2)\ p_n$.

2. PIESE DE LEGĂTURĂ

Pentru a realiza traseele de conducte cerute de procesul tehnologic este necesară legarea (îmbinarea) elementelor care formează conducta. Elementele conductelor se pot lega prin *asamblarea nedemontabilă și demontabilă.*

Asamblarea nedemontabilă mai des utilizată în practică este *sudarea.* Ea se folosește cînd este necesar transportul pe distanțe mari a fluidelor. Asamblarea prin sudare asigură o rezistență și o durabilitate mare, o etanșare bună, un cost de producție redus. Sudarea este o îmbinare rigidă și nu se recomandă cînd sînt necesare demontări frecvente ale conductelor.

Asamblarea demontabilă se face cu ajutorul *pieselor de legătură.*

Flanșele sînt piese de legătură care se fixează de țevi prin sudare, prin filet, sau se toarnă o dată cu țevile. Pentru asigurarea etanșeității, între suprafețele flanșelor (suprafețele de etanșare) prelucrate co-

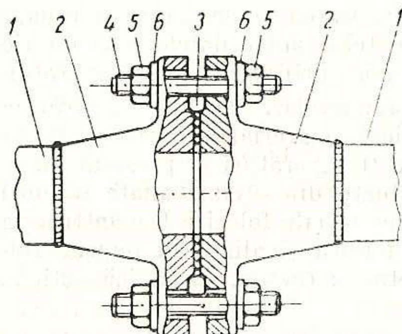


Fig. III.10. Elementele componente ale îmbinării prin flanşe : *1 — ţeavă ; 2 — flanşă ; 3 — garnitură ; 4 — şurub (prezon) ; 5 — piuliţă ; 6 — şaibă.*

respunzător se aşază materiale de etanşare, garnituri, care pot fi nemetalice (clingherit, cauciuc, mase plastice, azbest etc.) şi metalice (oţel moale, cupru, plumb, cu inserţie metalică etc.). Asamblarea conductelor prin flanşe se realizează cu ajutorul şuruburilor şi piuliţelor. O îmbinare prin flanşă cu elementele ei componente este reprezentată în figura III.10.

Fitingurile (piesele fasonate) sînt elemente componente ale conductelor, care pot îndeplini una sau mai multe din următoarele funcţii : legarea a două tronsoane de acelaşi diametru (mufe, nipluri) sau de diametre diferite (reducţii), schimbarea direcţiei traseului conductei (coturi, curbe), ramificarea unei conducte (teuri, cruci), închiderea unui capăt de conductă (capace, dopuri, flanşe oarbe).

Mufele (fig. III.11, *a*) sînt manşoane cilindrice prevăzute cu filet interior în care se înşurubează capetele de ţeavă prevăzute cu filet exterior. Mufele pot fi şi fără filet (îmbinarea tuburilor din fontă, ciment).

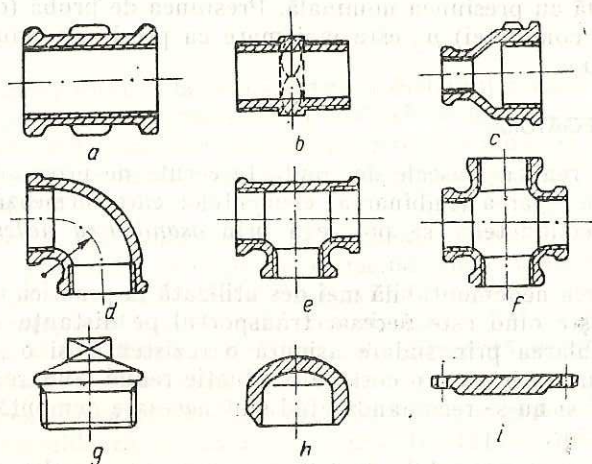


Fig. III.11. Piese fasonate (fitinguri) : *a — mufă ; b — niplu ; c — reducţie ; d — cot (curbă) ; e — teu ; f — cruce ; g — dop ; h — capac ; i — flanşă oarbă.*

Niplurile (fig. III.11, *b*) sînt piese cilindrice cu filet exterior în care se înşurubează capetele de ţevi prevăzute cu filet interior.

Reducţiile (fig. III.11, *c*) se pot asambla demontabil (prin filet) sau nedemontabil (prin sudare).

Coturi şi curbe. Deosebirea dintre acestea rezultă din tehnologia de execuţie (cotul se toarnă şi se forjează, pe cînd curba poate rezulta prin îndoirea unei ţevi) şi din valoarea razei de curbură : cotul are raza de curbură $R_c = (1 \div 1,5)\ D_n$, iar curba $R_c = (1,5 \div 5)\ D_n$ (fig. III.11, *d*).

Teurile şi crucile (fig. III.11, *e*, *f*) se pot asambla demontabil (prin flanşă, filet), sau nedemontabil (prin sudare). Ramificaţiile pot fi de acelaşi diametru sau de diametru diferit.

3. ARMĂTURI

Armăturile sînt elemente de conductă cu ajutorul cărora se reglează sau se opreşte debitul de fluid prin modificarea secţiunii de trecere a fluidului (armături de reglare şi distribuţie), se asigură curgerea fluidului numai într-un singur sens (armături de reţinere), sau se previne depăşirea unor valori ale parametrilor de funcţionare (armături de siguranţă).

Armături de reglare şi distribuţie. Acestea poartă denumirea generală de *robinete.*

Robinetele cu ventil (fig. III.12) reglează debitul de fluid prin ridicarea sau coborîrea unui disc (ventil, ciupercă) *5*, faţă de o deschidere în corpul robinetului (scaunul) *6*, cu ajutorul roţii de manevră *7*, prin intermediul tijei filetate *3*.

Montarea robinetului se face astfel încît fluidul să străbată scaunul de jos în sus (să aibă tendinţa de ridicare a ventilului).

Robinetele cu ventil realizează o etanşare (închidere) sigură, au o utilizare generală, fiind indicate în cazul fluidelor toxice, explozive şi inflamabile. Nu se recomandă folosirea lor pentru transportul fluidelor care conţin particule solide (precipitate, cristale etc.).

Robinetele cu sertar (vanele — fig. III.13) reglează debitul prin deplasarea organului de închidere (sertarul) *5*, prin translaţie, perpendicular pe direcţia de curgere a fluidului, într-un locaş practicat în corpul robinetului *1*. Sertarul poate fi în formă de disc (cu feţe paralele) sau în formă de pană (cu feţe înclinate).

Montarea lor nu este condiţionată de sensul de curgere. Ele se utilizează, la conducte unde nu se cere o reglare precisă a debitului.

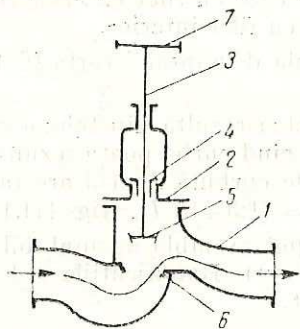


Fig. III.12. Schema robinetului cu ventil : *1 — corp ; 2 — capac ; 3 — tijă filetată ; 4 — presetupă ; 5 — ventil ; 6 — scaunul ventilului ; 7 roată de manevră.*

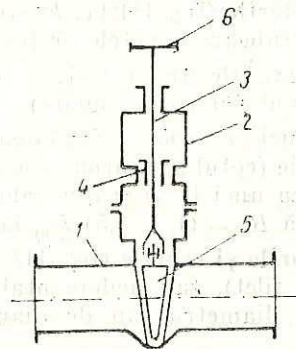


Fig. III.13. Schema robinetului cu sertar (vană) : *1 corp ; 2 capac ; 3 — tijă filetată ; 4 — presetupă ; 5 — sertar (pană) ; 6 roată de manevră.*

Robinetele cu cep (cana — fig. III.14) au organul de închidere (cepul) de formă tronconică găurită transversal. Cepul se rotește într-un locaș practicat în corpul robinetului, perpendicular pe axa conductei. Pentru a închide sau deschide aceste robinete, cepul se rotește cel mult cu 90°. Robinetele cu cep au o construcție simplă și robustă, iar exploatarea lor este ușoară. Ele nu pot realiza o etanșare sigură.

Armăturile de sens unic permit curgerea fluidelor numai într-un singur sens. Ele au un element de închidere, care poate fi un *ventil* (fig. III.15, *a*) sau o *valvă* (fig. III.15, *b*).

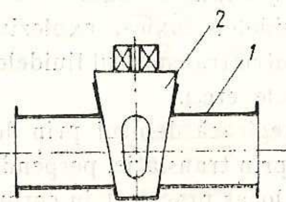


Fig. III.14. Schema robinetului cu cep (cana) : *1 — corp ; 2 — dop tronconic (cep).*

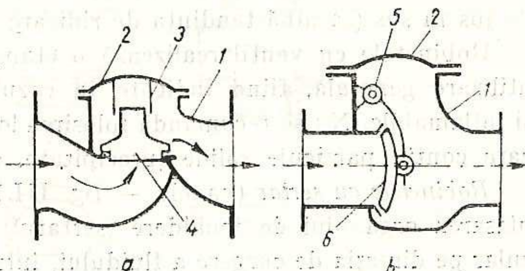


Fig. III.15. Schema armăturilor (clapetelor) de reținere (de unic sens) : *a — cu ventil ; b — cu valvă ; 1 — corp ; 2 — capac ; 3 — ghidaj ; 4 — ventil ; 5 — ax de oscilație ; 6 — valvă.*

Armăturile de reținere se deschid, permițînd curgerea fluidului, cînd presiunea fluidului asupra elementului de închidere depășește forțele care țin armăturile închise (forța de greutate, de comprimare a unui arc etc.). În caz contrar (se schimbă sensul de curgere al fluidului), armăturile se închid, astfel că fluidul nu poate să curgă în sens invers.

Armăturile de reținere se montează orizontal pe conducte, la ieșirea din anumite aparate și utilaje (refularea pompelor pentru lichide și faze, reactoare chimice etc.).

Armăturile de siguranță au rolul de a preveni depășirea unor valori ale parametrilor de funcționare a instalațiilor și de a asigura condiții corespunzătoare desfășurării proceselor tehnologice.

Supapele de siguranță sînt armături cu ajutorul cărora se face rapid evacuarea unei cantități de fluid, cînd în spațiul de lucru presiunea a depășit o anumită valoare admisă.

Organul de închidere al supapei, ventilul, se așază pe scaun prin intermediul unei tije cu ajutorul unui arc (supapa de siguranță cu arc (fig. III.16) sau a unei pîrghii cu contragreutate (supapa de siguranță cu contragreutate — fig. III.17).

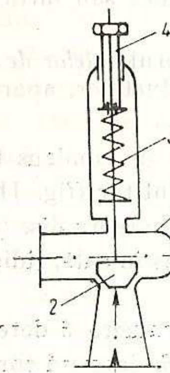


Fig. III.16. Schema supapei de siguranță cu arc : *1 — corp ; 2 — ventil ; 3 — arc ; 4 — șurub de reglare.*

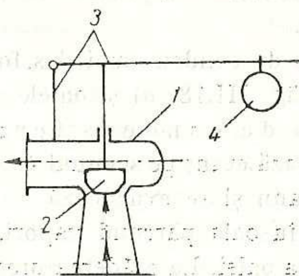


Fig. III.17. Schema supapei de siguranță cu contragreutate : *1 — corp ; 2 — ventil ; 3 — pîrghie ; 4 — contragreutate.*

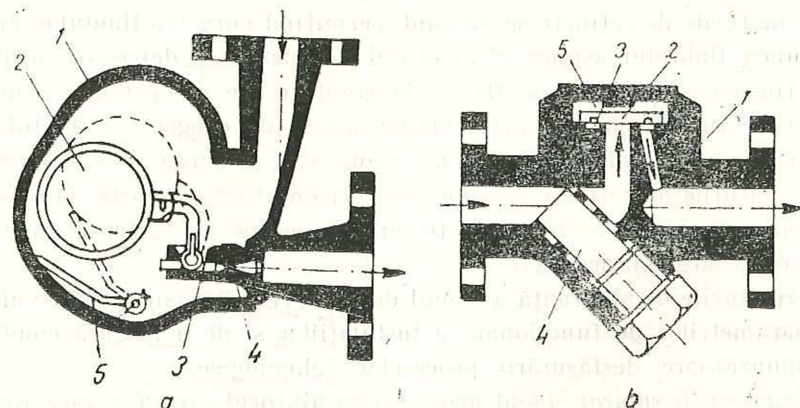


Fig. III.18. Schema oalelor de condens :

a — cu plutitor ; 1 — corp ; 2 — plutitor ; 3 — ventil ; 4 — duza de evacuare ; 5 — pîrghia de acționare manuală ;
b — termodinamică ; 1 — corp ; 2 — disc (ventil) ; 3 — scaun ; 4 — filtru ; 5 — camera discului.

Cînd prin conducte circulă gaze condensabile există pericolul condensării acestora, condensul se acumulează în punctele cele mai joase ale conductei, unde poate forma închideri hidraulice sau intră în aparate, utilaje, prezența lui fiind dăunătoare.

Evacuarea condensului format se face cu ajutorul *oalelor de condens,* care se montează în partea cea mai de jos a conductelor, aparatelor și utilajelor.

Oalele de condens mai des folosite sînt oalele de condens termodinamice (fig. III.18, *a*) și oalele de condens cu plutitor (fig. III.18, *b*).

Oala de condens termodinamică are un disc (ventil) *2* care se așază etanș pe scaunul *3.* Condensul pătruns în oală, ridică discul de pe scaun și se evacuează.

Cînd în oală pătrund vapori, aceștia umplu camera *5* determinînd închiderea oalei. La scăderea presiunii în camera *5*, datorită condensării vaporilor, discul este ridicat din nou, permițînd evacuarea condensului acumulat în oală.

Oala de condens cu plutitor are în corpul *1* un plutitor *2* care la acumulare de condens se ridică determinînd deschiderea duzei de evacuare *4* a condensului. După evacuarea condensului, plutitorul coboară închizînd cu ajutorul ventilului *3* duza de evacuare.

4. COMPENSATOARE DE DILATAȚIE

Pentru preluarea *efortului de întindere și de comprimare* a conductei care apare la curgerea unui fluid datorită temperaturii diferite a conductei de mediul înconjurător (diferența de temperatură peste 50°C), se folosesc *compensatoarele de dilatație,* care pot fi de tip *liră, Z, S, U,* (fig. III.19, *a*) sau de tip *burduf ondulat sau lenticular* (fig. III.19, *b*).

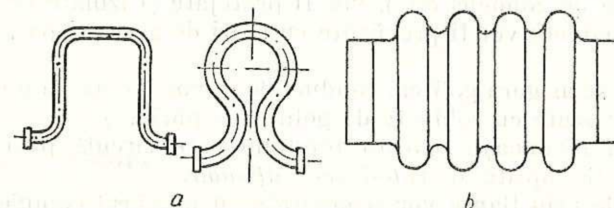


Fig. III.19. Compensatoarele de dilatație :
a — din țeavă (U, liră) ; b — lenticular.

5. IZOLAREA TERMICĂ ȘI PROTEJAREA CONDUCTELOR

Pentru micșorarea schimbului de căldură (pierderilor de căldură) între fluidul din conductă și mediul înconjurător, conductele se izolează termic, folosind ca materiale izolante, vata minerală, vata de sticlă, zgura, azbestul, produsele bituminoase, rășinile epoxidice etc. Acestea sînt rău conducătoare de căldură (materiale cu conductibilitate termică mică).

Izolarea conductelor are și rolul protejării acestora de *acțiunea corosivă a atmosferei,* care se datorește prezenței în aer, alături de oxigen și vapori de apă (atmosferă umedă), a unor gaze corosive (CO_2, SO_2, H_2S etc.) săruri și pulberi (zgură, cenușă, praf). Metoda cea mai practică și eficientă pentru protejarea conductelor este aplicarea unor pelicule organice de lacuri și vopsele, care pe lîngă funcția de protecție anticorosivă au și o funcție decorativă. Structurile de vopsea sau lac se aplică peste un strat de grund care conține pigmenți cum sînt : miniul de plumb, galbenul de zinc, pulberea de zinc și aluminiu etc. Înainte de vopsire suprafețele metalice trebuie să fie curățate de grăsimi și impurități mecanice.

6. MĂSURI DE PROTECȚIE A MUNCII, DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

Conductele vor fi montate pe console, suporți, estacade și consolidate cu brățări demontabile. Elementele conductelor vor fi asamblate prin îmbinări corespunzătoare, funcție de natura fluidelor transportate (toxice, inflamabile, explozive, caustice etc.) și de valorile parametrilor de lucru (presiune, temperatură). Ele vor fi prevăzute cu toate elementele de siguranță necesare (compensatoare de dilatație, supape de siguranță, oală de condens etc.), vor fi protejate și izolate termic. Estacadele de conducte vor fi prevăzute cu scări de acces și pasarele de deservire.

Pentru a se asigura golirea, conductele se vor monta cu o mică pantă și vor fi prevăzute cu robinete de golire (de purjare).

Pentru a recunoaște natura fluidului care circulă prin conducte, acestea vor fi vopsite în *culori convenționale*.

Îmbinările prin flanșe vor fi montate cu numărul complet de șuruburi și vor avea suprafețele de etanșare și garniturile, corespunzătoare presiunii și caracteristicilor fluidelor din conducte. La conductele sub presiune, flanșele vor fi prevăzute cu apărători.

Conductele prin care circulă fluide inflamabile și toxice vor fi racordate la o instalație producătoare de gaz inert (N_2, CO_2) sau de abur, pentru protecție în caz de incendiu.

Se interzice categoric demontarea elementelor conductelor înainte de golirea conductelor de fluidul care circulă prin ele sau strîngerea șuruburilor la flanșele și armăturile care se află sub presiune.

Elementele conductelor vor fi alese corespunzător presiunii nominale a conductei.

CUPRINS

Coli de tipar 4. B.T. 15.II.1989
Format 16/61×86. Apărut 1989.

I. P. „Oltenia" Craiova
Str. Mihai Viteazul, nr. 4
Republica Socialistă România
Plan 19520/36/1989

